PRIMEROS ENSAYOS EN LA FÍSICA Y LA QUÍMICA, DE APPLETON

POR

ERNESTO NELSON

D. APPLETON Y COMPAÑIA

LIBRARY

BUREAU OF EDUCATION

LT
Q163
.N42
1905

6—1132

NLE
ed.gov

PRIMEROS ENSAYOS

EN

LA FÍSICA Y LA QUÍMICA

DE APPLETON

BASADOS EN EL ESTUDIO DE LA NATURALEZA, PARA MOSTRAR LAS RELACIONES DE ESAS CIENCIAS CON LA INDUSTRIA, LA GEOGRAFÍA Y LA HISTORIA NATURAL

LIBRARY
DEC 8 1911
U. S. Bureau of Education

POR

ERNESTO NELSON

OBRA PREMIADA EN LA EXPOSICIÓN UNIVERSAL DE ST. LOUIS (ESTADOS UNIDOS)

ADAPTADA AL PROGRAMA DE CUARTO GRADO DE LAS ESCUELAS ARGENTINAS

D. APPLETON Y COMPAÑÍA

CHICAGO NEW YORK LONDON

1905

LT
Q163
.N42

THE LIBRARY OF
CONGRESS
Two Copies Received
OCT 17 1905
Copyright Entry
Oct. 3. 1905
CLASS a XXc. No.
128825
COPY A.

COPYRIGHT, 1905, BY
D. APPLETON AND COMPANY

Copyright secured in Great Britain covering all the countries subscribing to the Berne Convention.

Queda hecho el depósito y el correspondiente registro que ordena la ley, para la protección de esta obra en la Gran Bretaña y en todos los países que firmaron el Tratado de Berna.

Queda hecho el depósito y el correspondiente registro que ordena la ley, para la protección de esta obra en la República Mejicana.

Queda hecho el depósito y el correspondiente registro que ordena la ley, para la protección de esta obra en la Isla de Cuba.

Queda hecho el depósito de la marca registrada, en la República Argentina, con arreglo á la ley.

Transferred from the Library
of Congress under Sec. 59,
Copyright Act of March 4, 1909.

17727614

F. 3. 18-11-22

DOS PALABRAS
Á LOS MAESTROS Y Á LOS PADRES

El propósito de este libro es aplicar á la enseñanza de la ciencia elemental en los países hispanoamericanos, los principios que están consagrados hoy en la escuela norteamericana.

De los defectos que se han evitado, el más lamentable es quizá el de presentar el conocimiento comenzando por las definiciones. No sólo se ha huído de ese defecto, sino que se han suprimido completamente las definiciones, pues el propósito del libro es familiarizar al niño con la cosa estudiada de tal modo, que aquéllas resulten innecesarias.

Créese, en efecto, que la importancia que hasta hace poco se concedía á la definición era un vicio legado por la escuela de antaño, donde se ejercitaba al niño en una deplorable gimnasia, de la que eran servidores, no las realidades de la vida, sino vanas representaciones verbales.

En estos días de industrialismo, el conocimiento reclama su utilización como instrumento del hombre del siglo. En verdad, usar rectamente un instrumento es definirlo, porque es comprenderlo. El niño no ha menester, por cierto, tener en su mente una definición clara de los objetos que utiliza ó de los vocablos que emplea, para servirse con propiedad de unos y otros. Es tiempo ya de que se familiarice de un modo análogo con los otros objetos y fenómenos, de cuya existencia encuentra testimonio evidente en torno suyo.

Ya sabemos todos que el desarrollo de las actividades de generalización, que se cuentan entre las más estimables del

espíritu, deben muy poco, por ahora, á la escuela. Y hasta no es aventurado afirmar que aquéllas reciben en la escuela el primer choque. Si el niño lleva allí la primera intuición de la armonía de las cosas, los libros se encargan de invalidar sus descubrimientos. La ciencia se le sirve dividida y subdividida, de tal modo que el niño pierde toda noción de unidad y de semejanza. Para adquirir de nuevo dicha noción, después del continuado trato con los libros, hay que pasar por un período de convalecencia, que no es completa si no se posee una constitución mental de fuerzas propias.

Por eso se han desechado ya las clásicas divisiones (Cinemática, Hidrostática, Neumática, etc.), en el estudio de la Física elemental, ramo que hoy forma parte de la materia conocida con el nombre de *Estudio de la naturaleza.* Este paso obedece á la necesidad de familiarizar al niño con principios que tengan alguna realidad, que sean más importantes para la vida que las convenciones en que se basa toda clasificación artificial. La atracción es un principio que llena estos requisitos. Es la fuerza cuya realidad se nos impone con más evidencia desde que ensayamos nuestros primeros pasos, desde que nuestras manos reciben el primer contacto del mundo exterior; y su importancia es tal, que si ella cesase de obrar, el universo se dispersaría en átomos invisibles, quizá en puntos inconcebibles, sin extensión ni materia.

El asunto es apropiado para acariciar el instinto de la maravilla tan caro al niño. Además, siendo sus consecuencias infinitas, permite un desarrollo indefinido. Ofrece así al maestro la ocasión de enlazar la enseñanza de la Física y de la Química con las otras ramas del conocimiento, obedeciendo de ese modo al principio de la correlación que debe haber entre las materias de enseñanza.

Algo semejante puede decirse del criterio en que se basa

la exposición de los medios utilizados para vencer la fuerza de atracción (poleas, palancas, ruedas, etc.). Hágase percibir al niño la ley común á que obedecen dichas máquinas, es decir, todos los aparatos "que nos permiten ganar fuerza" como erróneamente se dice. En nuestro sentir, la percepción de las semejanzas entre estas máquinas es más vital é importante que la noción de sus diferencias.

Obedeciendo igualmente á las ideas que hoy dominan, no se ha preocupado el autor de limitar los sentidos de las palabras "Física" y "Química." ¡Ojalá el niño, al concluir el libro, no crea saber lo que es a una y la otra!; y ¡ojalá también un maestro perjudicia mente escrupuloso no comience á marcar imprudentes circunscripciones en el campo indiviso de la materia y de la fuerza! Es pre erible que el niño yerre por exceso de confianza en la unidad de la energía, que por un exagerado escrúpulo de sus diferencias.

Los experimentos tienen un múltiple objeto. En primer término acercar al niño latino á las cosas que pasan en torno suyo, obligarle á proceder en la vida sólo después de haber interrogado á la naturaleza y meditado sus respuestas; sin permitirle que salte (como estaría acaso inclinado á hacerlo por espíritu de raza), de la concepción de la idea al juicio mismo, por encima de la verificación de los hechos.

Desenvolver las facultades de acción, de inventiva y de espontaneidad en la fabricación de aparatos.

Mostrarle la universalidad de las leyes naturales, que no se muestran sólo al conjuro de los hermosos aparatos de laboratorio, en los que brilla el bronce y el cristal, sino también en las humildes máquinas que ha construído con sus propias manos; convencerle de que esas fuerzas le cercan, le rodean, le esclavizan, pero que también le ofrecen la ocasión de esclavizarlas, de cercarlas á su vez.

Ejercitarlo en acciones colectivistas, fraternales y democráticas, al hacerlo colaborar en la fabricación y uso de los aparatos de la clase. (En ciertos lugares apartados de los Estados Unidos, donde las escuelas no estaban provistas de los útiles requeridos para la experimentación, los alumnos, en unión con los maestros, han levantado cortas suscripciones para proveerse, en las ciudades vecinas, de los aparatos y reactivos indispensables.)

Desenvolver un carácter que perciba el fondo de las cosas sin cuidarse con preferencia de la forma; que prefiera lo útil á lo ostentoso y se convenza de que la dignidad de las cosas es á veces muy diferente de su apariencia.

Y, por último, despertar el interés del niño y gratificar su trabajo con la verificación experimental de sus presunciones, y hacerle adquirir conocimientos que sin eso resultarían abstrusos é incomprensibles.

Los experimentos tendrán infinitamente mayor valor, si los maestros y alumnos ejercitan su propio ingenio, ideando más simples maneras de realizarlos, ó variándolos de acuerdo con los materiales de que se disponga. Comiéncese á libertar al niño de la tiranía de los libros. Para llegar á ese fin, estas páginas sugieren más de lo que dicen. Un maestro hábil encontrará á cada paso la ocasión de hacer desenvolvimientos interesantes dentro del campo de la experiencia infantil. El autor se consideraría feliz si su libro se convirtiera en libro de Geografía, de Historia Natural y hasta de moral social, además de ser el más sencillo de los elementos de Física y Química.

Finalmente, el autor, junto con los editores, aprovecha esta oportunidad para expresar su gratitud por las muestras de fina atención de que ha sido objeto por parte de "Scientific American," "Engineering Magazine," "Everybody's Maga-

zine," "Encyclopedia Americana," "Traité de Physique Biologique," "La Nature," Sres. Balch Hermanos ("Stoddard Lectures") y "Lectures pour Tous," al prestar clisés, grabados y fotografías para ilustrar esta obra. Asimismo cumple al autor y á los editores dar las más expresivas gracias á cuantos contribuyeron en el mismo sentido á realzar la importancia de esta obra elemental.

D. Appleton y Compañía.

USO DEL LIBRO

El libro de texto moderno es un intermediario entre el niño y el maestro, á quien guía en sus preguntas, sugiriendo desarrollos nuevos; siendo el maestro, á su vez, un intermediario entre el texto y el niño, cuya razón no percibe todavía ciertos enlaces lógicos, sin los raciocinios que el maestro es capaz de dirigir. Por otra parte, el libro es la guía de ambos en los experimentos que deben hacerse en la clase.

Así, el libro debe usarse en la escuela, como un libro de lectura cuyo asunto se comenta.

El maestro preparará de antemano los materiales de la lección, debiendo tener en cuenta que algunos requieren más tiempo que otros, aunque la mayor parte del material necesario en los experimentos, es de obtención facilísima.

ÍNDICE

PÁGINA

Dos palabras á los maestros y á los padres iii
Uso del libro viii
I.—La atracción de la Tierra 1
¿Pasa la atracción de la Tierra á través de los cuerpos? . 3
La atracción entre los astros 3
La atracción entre los cuerpos 6
Variación de la atracción de acuerdo con la distancia . 7
Ventajas de la atracción 9
II.—Equilibrio de los cuerpos.
Centro de gravedad 12
III.—Los cuerpos que caen 21
Montañas rusas 23
El péndulo 24
Duración de las oscilaciones 25
La longitud del péndulo y la duración de las oscilaciones 28
El plano inclinado 29
IV.—Atracción de la Tierra sobre los líquidos . . . 33
Nivel de los líquidos 33
Nivel de agua 35
Aguas subterráneas 36
Fuentes termales 37
Otras comunicaciones subterráneas 38
Pozos artesianos 38
Terrenos anegadizos 40
Otros efectos de la atracción de la Tierra sobre los líquidos 41
Equilibrio de los líquidos en vasos comunicantes desiguales 43
Prensas hidráulicas 43
Cuerpos sumergidos en los líquidos 44

PÁGINA

De cómo puede determinarse la sustancia de que está formado un cuerpo, introduciéndolo en el agua . 49
Cuerpos que flotan. Aplicaciones 50
Peso de los líquidos 51
V.—Atracción de la Tierra sobre los gases.
Peso del aire 54
Efectos del peso del aire 55
Por qué sube el agua cuando se la aspira por un tubo 57
Un acontecimiento interesante 58
Descubrimiento de Torricelli. 59
Descubrimiento de Pascal 60
El sifón 63
Peso de los diferentes gases 66
Un gas más pesado que el aire 67
Un gas más liviano que el aire 69
Los gases más livianos que el aire comparados con las sustancias más livianas que el agua . . 71
Las nubes y la lluvia 72
VI.—Inconvenientes de la atracción de la Tierra . . . 73
Máquinas para vencer la atracción de la Tierra. Una aventura instructiva 73
Diferentes maneras de hacer una misma fuerza . 78
Las palancas. Sus aplicaciones 80
Las poleas 85
Las ruedas 88
El torno 91
Las grúas 92
Otras máquinas parecidas á las palancas, las poleas y las ruedas 93
Nuestras piernas son máquinas 94
Plano inclinado 98
Tornillo 99
Máquinas para elevar los líquidos 100
Las bombas 102
VII.—Transporte de los objetos 115
Las ruedas y sus aplicaciones 117
Diferentes clases de portadores 123
Alambrecarriles 130
Otros medios de transporte 132

PÁGINA

Transporte de los objetos por medio del agua . . . 134
El remo y la hélice 138
Transporte de los animales 139
Transporte de los vegetales, las tierras, las aguas y los vientos 145

VIII.—La cohesión.
Las partículas de los cuerpos 149
Diferente dureza de los cuerpos 152
Efectos de la compresión de los cuerpos 155
El calor y la cohesión 161
La fundición 163
El temple 166
Inconvenientes de la cohesión 167
Máquinas que sirven para cortar y perforar . . 168
Otras máquinas para vencer la cohesión . . . 170
Los cuños, las prensas, etc. 173
Otras máquinas animales 178

IX.—La afinidad.
Una visita al boticario 183
Dos gases que forman un sólido 186
Más sustancias amigas 191
Los componentes del agua 195
Cuerpos simples y compuestos 197
Mezcla y combinación 199
La composición de los vegetales y animales . . 200
El acero, el jabón, los tintes, etc. 203

X.—La fuerza que usamos.
Resumen 207
Lo que debemos á la atracción 214

LIBRO PRIMERO

LA ATRACCIÓN

I

LA ATRACCIÓN DE LA TIERRA

Los niños son muy afectos á leer cuentos de hadas, donde se refieren maravillas sorprendentes. Aunque este libro no es un libro de cuentos, les mostrará, sin embargo, que á nuestro lado pasan cosas más raras y admirables que las referidas en aquellos libros fantásticos. Basta considerar con atención lo que diariamente ocurre, para hallar constantemente motivos de admiración y encanto. ¿No es acaso maravilloso que la Tierra, ó sea el globo en que vivimos, atraiga todas las cosas que se abandonan á sí mismas en la superficie? Todos sabemos que si se coloca un objeto cualquiera en el suelo queda unido á éste, tan fuertemente á veces, que los esfuerzos reunidos de muchas personas no son suficientes para levantarlo, es decir, para separarlo de la Tierra. Pero supongamos que lo logren y que levantan del suelo el objeto pesado. Entonces ocurre una cosa sorprendente, y es que la Tierra lo sigue atrayendo, como si lo llamara hacia el suelo nuevamente.

Pero esto no es lo único que nos asombra al considerar la atracción de la Tierra. Más maravilloso es quizá el que

la Tierra no atrae todas las cosas con la misma fuerza. En efecto, un niño puede levantar una silla del suelo, pero sería tal vez incapaz de conseguirlo si la silla, en vez de ser de madera ó de paja, fuese de hierro. Así, pues, unos objetos son atraídos por la Tierra con . . . fuerza que otros. (Este libro no debe decirlo todo, á fin de que los niños que lo leen, piensen y descubran. Por lo tanto, cuando una palabra no aparezca en la lectura, el lector debe buscar la que sea necesaria para dar á la frase el sentido que pida lo que anteriormente se haya dicho. Si el niño lee el libro con atención, nunca le será difícil encontrar la palabra suprimida ú otra equivalente.)

Si el metal fuese atraído con menos fuerza que la lana, ¿qué pasaría? ¿Y si la Tierra atrajese á nuestros cuerpos con más fuerza que al plomo?

Ya tenemos, por lo tanto, un nuevo motivo de asombro: que la Tierra atrae las cosas con diferente fuerza, y que nunca se equivoca en la intensidad con que debe atraer á cada una. Un mismo libro, una misma mesa, una misma pluma, son atraídos hacia abajo siempre con igual fuerza, aunque los llevemos á Europa ó los pesemos de nuevo al cabo de muchos años. Parece como si la Tierra tuviese memoria y recordase á cada momento la fuerza con que atrae los diferentes objetos. ¿Qué sucedería si no fuese así? ¿Lo que hoy pesó un kilo pesaría lo mismo mañana?

Aprendamos algo más acerca de esta fuerza de atracción de la Tierra. Haciendo experimentos con esta fuerza, pronto vamos á saber los beneficios que á ella debemos y las incomodidades que nos causa. Pero antes es menester que Vds. sepan lo que es un experimento. Si Angélica afirma que una pelota de goma llena de aire flota en el agua, mientras Juan, por el contrario, sostiene que en vez de flotar se va al fondo,

¿cómo se sabrá quién tiene razón? Echando una pelota al agua, para saber con certeza lo que sucede. Después de hacerlo, Juan habrá aprendido una cosa que antes ignoraba. Angélica y Juan han hecho un experimento, es decir, una operación realizada con el objeto de descubrir una verdad.

¿PASA LA ATRACCIÓN DE LA TIERRA Á TRAVÉS DE LOS CUERPOS?

Experimento 1.—Colguemos una piedra ó un objeto cualquiera de un elástico. ¿Ven Vds. algo que les haga pensar que la Tierra atrae al objeto?

Cuando la piedra quede inmóvil, interpongamos la mano entre la piedra y el suelo, cuidando de no tocar aquélla. Observemos si al interponer la mano, se destruye ó se hace menor la atracción con que la Tierra llama á la piedra.

¿Qué sucedería si hubiese alguna materia á través de la cual no pasase la atracción de la Tierra? Si se construyese una mesa con dicha materia ¿pesarían los objetos que se colocasen en la superficie? ¿No sería cómodo viajar con baúles hechos con esa sustancia? Prepárese para la próxima clase una historieta, oral ó escrita, sobre una persona á quien una hada le hizo conocer una sustancia á través de la cual no pasaba la atracción de la Tierra.

LA ATRACCIÓN ENTRE LOS ASTROS

Había en Inglaterra un niño llamado Isaac Newton, hijo de un labrador de origen escocés. El niño quedó huérfano de padre á los pocos meses, y como su salud era delicada, vivió desde entonces con su abuelita, que residía fuera de la ciudad. Cuando Isaac tuvo diez años, la buena viejita envióla á la escuela del pueblo vecino; pero el nieto no aprovechó nada

allí. No era un niño estudioso. Más que la lectura entreteníale llenar de dibujos las paredes de su pequeña habitación

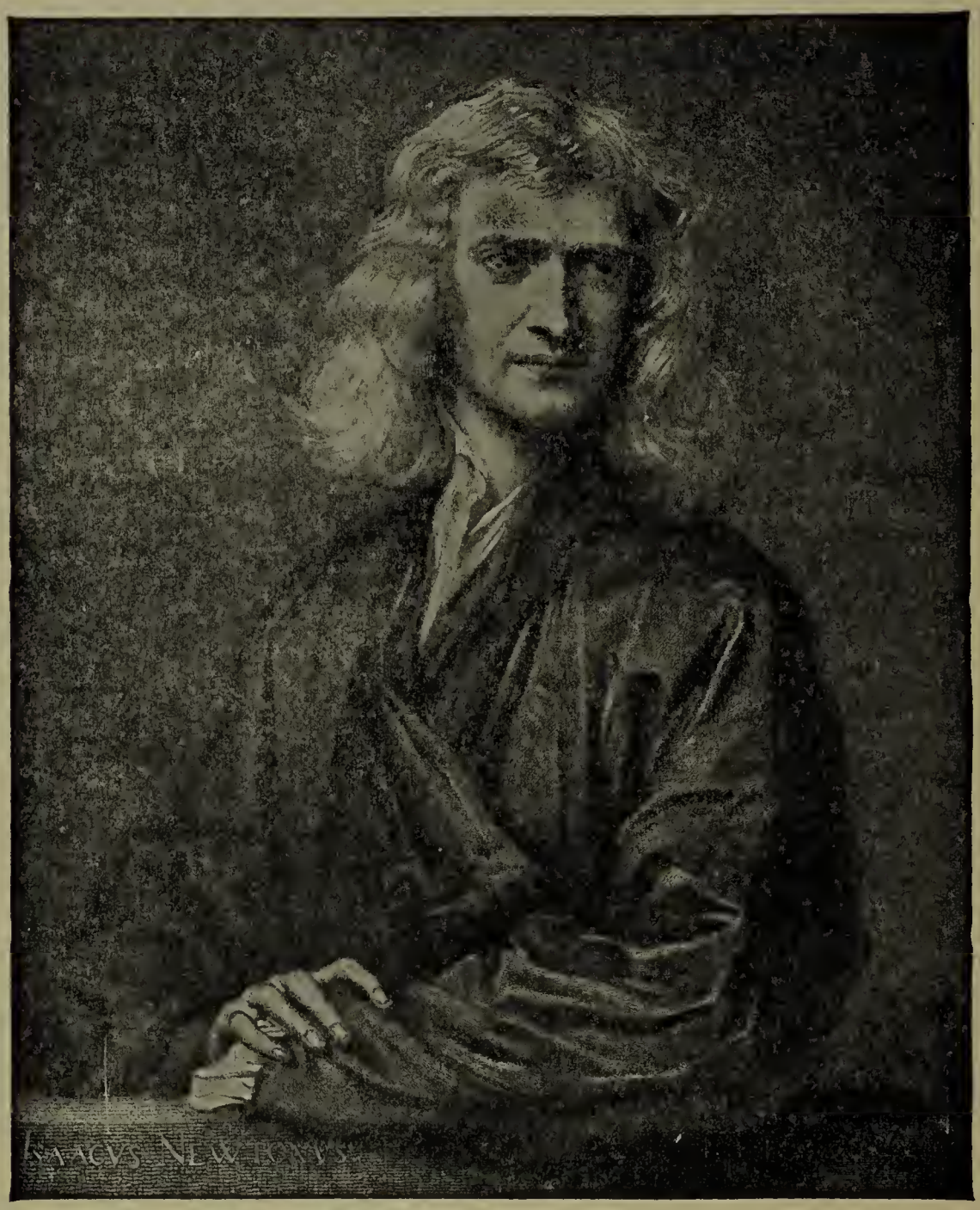


Fig. 1.—Isaac Newton.

ó construir juguetes mecánicos. Entre éstos el niño hizo una máquina que marcaba el tiempo por la caída del agua (entonces no se conocían los relojes) y un cuadrante solar.

También construyó un molino cuya rueda era movida por un ratón encerrado dentro, el cual se alimentaba con la harina que él mismo molía.

No fué, sin embargo, este molino lo que hizo célebre á este niño, que si no estudiaba en los libros, en cambio estudiaba observando, lo cual vale más. Lo que lo hizo famoso fué el descubrimiento que realizó algunos años después, mientras se hallaba en el campo disfrutando de sus vacaciones de verano.

Una hermosa noche de luna estaba Isaac sentado en el césped del jardín, apoyado en el tronco de un manzano, cuando de pronto una fruta desprendida del árbol, cayó delante de él. El ruido producido por la manzana al chocar contra el suelo, hizo reflexionar al joven acerca de la fuerza con que constantemente la Tierra atrae los objetos.

Como se ha dicho, la Luna brillaba en el cielo, y acaso por esto Isaac pensó en seguida que aquel astro debía sentir también la atracción de la Tierra. "Pero entonces, ¿por qué no cae la Luna?" se preguntó con aire preocupado, poniéndose de pie. "¿Por qué no cae la Luna?" se interrogaba paseándose por el jardín con los brazos cruzados y la cabeza inclinada hacia el suelo. De pronto, poseído de súbita inspiración, se respondió á sí mismo, dándose una palmada en la frente: "Ya sé, ya sé. No cae porque da vueltas alrededor de la Tierra. Este movimiento tiende á hacer escapar la Luna, que si no estuviese retenida por la atracción de la Tierra, seguiría en línea recta como el barro que se desprende de una rueda que gira. De este modo la atracción llama á la Luna hacia la Tierra, pero el movimiento de aquélla tiende á hacerla escapar. Las dos fuerzas deben de ser iguales, y no venciendo ninguna, la Luna se mantiene constantemente á la misma distancia de la Tierra."

"Del mismo modo, el Sol debe de atraer á la Tierra" prosiguió Newton; "pero como ésta gira alrededor de aquél, nuestro mundo no cae en el Sol ni se aleja de él."

El manzano á cuyo pie el gran Isaac Newton descubrió que la fuerza que hace caer un objeto al suelo es la misma que mantiene á los astros aislados en el espacio, fué objeto de gran reverencia y cariño por parte del pueblo que acudía á visitarlo. Todos los que lo hacían tomaban una hoja del árbol para conservar un recuerdo del gran descubrimiento. Hace cerca de cien años que un huracán tronchó el famoso manzano; pero con su madera se ha construído un sillón que nadie usa y que se conserva con gran cuidado.

Convérsese sobre las mareas solares y lunares.

LA ATRACCIÓN ENTRE LOS CUERPOS

Después de realizar el descubrimiento que se ha referido, Newton se hizo la siguiente reflexión: "Si la Tierra atrae una manzana, una piedra, ú otro objeto, es claro que una montaña, siendo una parte considerable de la Tierra, puede también atraer un objeto cualquiera." Otros sabios han verificado luego esta suposición. Uno de ellos se dirigió á la falda de una montaña, y colgó de un hilo un objeto pesado. Cuando la plomada estuvo inmóvil pudo observar, con ayuda de aparatos especiales que llevaba, que el hilo no se hallaba en posición vertical sino ligeramente inclinado hacia la montaña. ¿Qué hace pensar esto?

Ahora bien, dirán Vds.; si una montaña es capaz de atraer una piedra, es evidente que una colina ó un montículo podrán atraer también una piedra ú otro objeto, aunque con menor fuerza. Y si un montículo goza de esta propiedad, una mole más reducida, como una casa ó un monumento, podrán producir el mismo efecto, bien que con mucho menos fuerza. Y

si una casa, que es un agregado de ladrillos, está dotada del poder de atracción, claro es que un solo ladrillo, y hasta un fragmento pequeñísimo de éste debe poseer la misma propiedad.

Y será claro también para Vds. que si un ladrillo ó fragmento de ladrillo atrae, aunque débilmente, á un objeto cualquiera, también atraerá á una montaña y á la Tierra misma.

Hoy se ha comprobado todo esto, en efecto, y se sabe que cuando un libro, por ejemplo, cae al suelo, la Tierra atrae al libro con la misma fuerza con que el libro atrae á la Tierra.

¿Cuánto pesaría un kilo de azúcar si dicha sustancia no atrajese á la Tierra y fuese sólo atraída por ésta?

Cuando Eusebito supo que los cuerpos se atraen entre sí, pasó todo un día aproximando el dedo á los objetos, procurando atraerlos desde una distancia. Su padre lo sorprendió empeñado en esta tarea, y habiéndole explicado Eusebito lo que intentaba, su padre se rió de sus propósitos, y para convencerlo de la inutilidad de sus esfuerzos, hizo el siguiente experimento que todos debemos repetir.

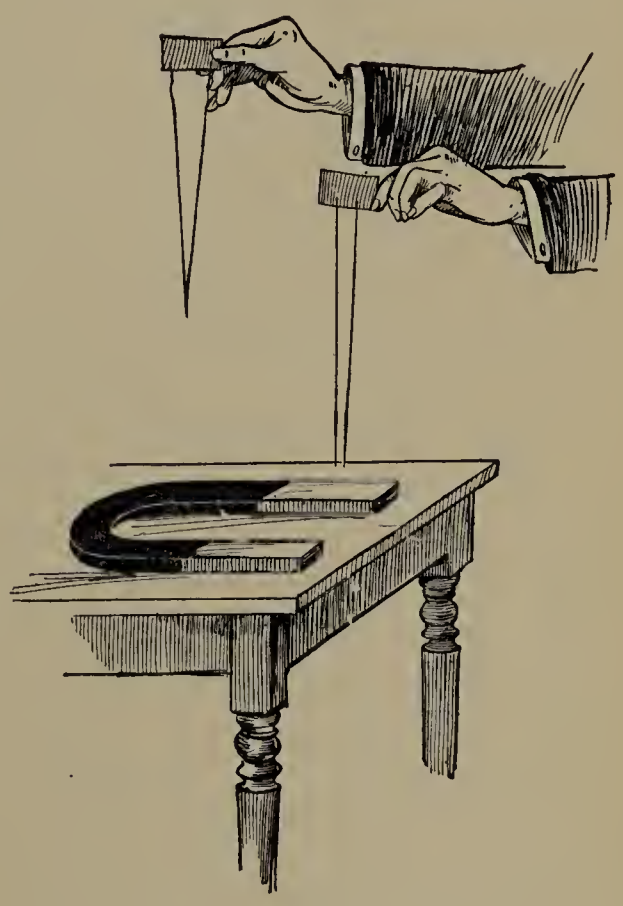


Fig. 2.

VARIACIÓN DE LA ATRACCIÓN DE ACUERDO CON LA DISTANCIA

Experimento 2.—Imánense dos agujas restregándolas en el extremo de un pequeño imán. Suspendiendo cada una de un hilo y aproximándolas luego

poco á poco entre sí, ¿qué sucede? Tratemos de hacer lo mismo mientras el imán se halla muy próximo á los agujas (Fig. 2): ¿se percibe la atracción entre ambas agujas? Retírese luego el imán. ¿Qué ocurre?

Si se cuelgan dos piedras cada una de un hilo ¿por qué las piedras no se aproximan? ¿Qué comparación podría hacerse entre este experimento y el anterior? El experimento hecho con el imán y las agujas nos ha enseñado que la fuerza con que aquél atrae es mayor cuando las agujas se hallan . . . (¿cerca ó lejos?) de él.

Un sabio ingenioso que hizo experimentos con la atracción de la Tierra mientras se hallaba en un globo á gran altura sobre el suelo, comprobó también que la atracción de la Tierra es tanto mayor cuanto menor es la distancia á que los objetos se hallan del suelo.

Si pudiéramos remontarnos á miles de leguas de la Tierra, ¿creen Vds. que dos piedras ó dos objetos cualesquiera puestos cerca el uno del otro se atraerían visiblemente? (Recuérdese el experimento del imán y de las agujas.)

¿Les parece á Vds. que la Tierra atrae á la Luna con la misma fuerza con que la atraería si ésta se hallase sobre la superficie de nuestro globo?

¿Pesa la Luna lo mismo que pesaría si se encontrase reposando sobre nuestro mundo?

Otro sabio que repitió el experimento de la plomada cerca de las montañas, observó que las que estaban formadas por rocas livianas desviaban la plomada menos que las que estaban compuestas por rocas y otras sustancias pesadas. El sabio pensó entonces que las cosas pesadas atraen más fuertemente que las sustancias livianas; y es fácil comprender que esto mismo es lo que hace que de las sustancias que conocemos, unas sean pesadas como los metales, las rocas, etc., y otras

livianas como la madera, el corcho, etc., pues las primeras atraen á la Tierra y son atraídas por ésta con . . . fuerza que las últimas.

¿Atraería la Tierra á las cosas con la misma fuerza si el mundo fuese una gran bola de corcho? ¿Pesaríamos lo mismo si el mundo fuese una gran bola de plomo?

VENTAJAS DE LA ATRACCIÓN

Ya vemos, pues, cuan importante es la atracción en el universo. Esa fuerza mantiene á la Tierra á la misma distancia del Sol sin permitir que se aleje de él, como ocurriría si la atracción cesase. Gracias, pues, á ella, el Sol calienta y alumbra el mundo, da vida á las plantas, y de ese modo tenemos flores y frutos. Hemos visto que la atracción fija las cosas sobre el suelo y permite que tengamos casas, monumentos, ciudades; atrae el agua y permite que tengamos mares y ríos para navegar, líquido en abundancia para beber y riego para los vegetales. ¿Qué sucedería si no existiese la fuerza que hemos comenzado á estudiar? No habiendo atracción entre el Sol y la Tierra, ésta se alejaría de él como se aleja la piedra cuando se suelta la honda que la retiene. El Sol se haría cada vez más pequeño á medida que nos alejásemos de él, hasta que desaparecería de la vista. ¡Cuánto frío sentiríamos! Todo estaría obscuro á nuestro alrededor. Pero ¡qué digo! No podríamos permanecer en la Tierra, porque no existiendo atracción, nuestro mundo no retendría los objetos en la superficie, y como el globo gira como un trompo, las casas, muebles, gente, etc., se escaparían como el barro de una rueda, ó cuando se echa tierra sobre un trompo que da vueltas sobre su eje.

Cuando Enrique oyó decir que si la atracción de la Tierra

cesase, los objetos serían despedidos por el aire, quedó tan preocupado con este pensamiento, que aquella noche soñó que la Tierra daba vueltas cada vez más rápidamente; á consecuencia de lo cual los días se hacían cada vez más cortos, tanto que en menos de una hora el Sol salía, llegaba al cenit y se ponía en el ocaso. Al mismo tiempo notó Enrique que las cosas se hacían más livianas, hasta que la velocidad fué tal que nuestro amigo sintió que él mismo era despedido de la superficie de la Tierra. Las casas se salían de sus cimientos, los techos volaban, el agua de los ríos y de los mares se agitaba espantosamente, concluyendo por escapar en forma de inmensas olas. La gente y los animales subían y subían á gran altura, tanto, que toda una faz de la Tierra fué pronto visible. Enriquito entonces notó que las aguas de los mares parecían correr hacia el ecuador, por donde se escapaban hacia afuera con gran fuerza; pero observó que en los lugares próximos á los polos, las aguas y las cosas de la superficie quedaban en su sitio. ¿Por qué razón creen Vds. que sucedía esto?

À la hora del almuerzo, Enriquito refirió su sueño, y todos rieron al imaginar las escenas relatadas. Pero, de pronto, Enriquito dijo, como asaltado por una idea: "À consecuencia del movimiento que tiene la Tierra, las cosas deben pesar menos de lo que pesarían si el mundo no se moviese." Y luego reflexionó que de la misma manera que durante su sueño los objetos que se hallaban cerca de los polos no sufrían con tanta intensidad el efecto del movimiento, así también el movimiento de la Tierra no debe hacer los objetos que se hallan cerca del polo tan livianos como los que se encuentran cerca del ecuador, pues es sabido que cerca de los polos la velocidad de rotación de la Tierra es mucho menor que en el ecuador. Así, pues, Enriquito dedujo que cuando

un hombre viaja del ecuador en dirección al sur ó al norte, su peso en realidad aumenta algo.

El padre de Enriquito dijo á éste que su deducción era correcta, y que en efecto, si una cosa pesa 288 gramos, ó 288 kilogramos, ó 288 toneladas en el ecuador, pesa 289 gramos ó 289 kilogramos ó 289 toneladas en los polos.

II

EQUILIBRIO DE LOS CUERPOS

CENTRO DE GRAVEDAD

Experimento 3.—Cortemos algunos cartones dándoles la forma representada en *a* y *b* (Fig. 3). Marquemos en ellos los puntos por donde hay que sostener dichas figuras para que se mantengan horizontalmente en equilibrio sobre una aguja. Llamemos á este punto *centro de gravedad.*

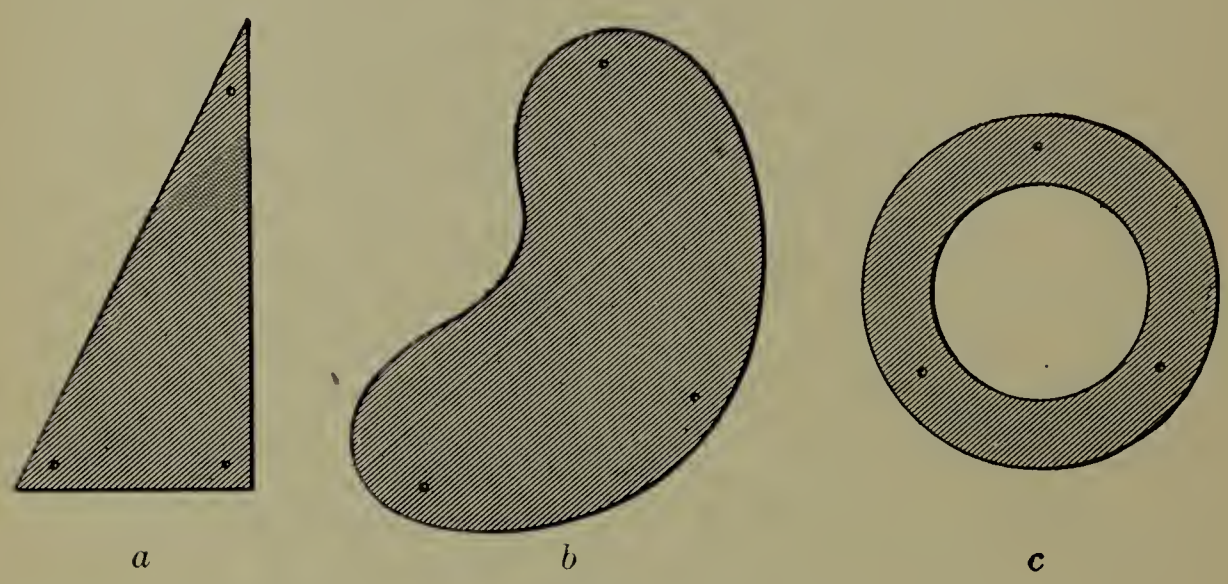


Fig. 3.

Colguemos uno de esos cartones, de un punto próximo á la orilla. Marquemos con un lápiz una línea vertical que baje desde el punto de suspensión. ¿Por dónde pasa dicha línea?

Colguemos ahora cada uno de los cartones *a* y *b* sucesivamente de los tres puntos marcados en el borde. Marquemos

líneas verticales desde cada punto de suspensión. ¿Dónde se cruzan las verticales? ¿Cómo puede encontrarse el centro de gravedad de un cartón de forma cualquiera?

¿Dónde está el centro de gravedad del cartón *c*?

Hagamos el mismo experimento, fijando en el borde de los cartones algún objeto pesado, como un pedazo de plomo, una moneda, etc. ¿Varía la posición del centro de gravedad?

Experimento 4.—Construyamos nosotros mismos (ó encarguemos la obra á un carpintero), un armazón de madera como el representado en la Fig. 4, de 20 centímetros de alto, por 10 de ancho y otros tantos de espesor. Procuremos que una de sus pequeñas caras no esté fija sino que pueda abrirse y cerrarse como una tapa. Cubramos luego sus caras con un tejido de alambre, del que se encuentra generalmente en las quincallerías ó ferreterías. Atemos un hilo en una malla cualquiera de este tejido y colguemos el aparato de una cuerda dispuesta horizontalmente. Cuando la caja esté inmóvil, poniendo el ojo en el punto A y mirando hacia abajo á través del enrejado de la caja, marquemos con tiza, en la cara inferior de la caja, el punto que queda en la prolongación de la vertical. Hecho esto, hagamos pasar el resto *b* del hilo por el interior de la caja, y atémoslo en el punto señalado con tiza. (Lo que

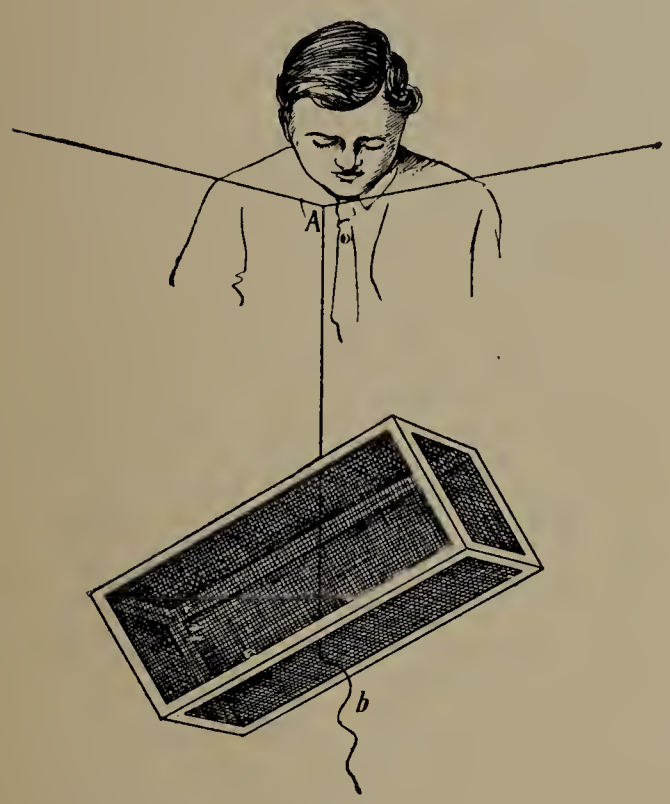


Fig. 4.

hemos hecho, en suma, ha sido prolongar la línea vertical á través de la caja.) Repitamos la misma operación con los otros dos pares de caras y tendremos así la caja atravesada por tres hilos. ¿Se cruzan los hilos en cierto punto en el interior de la caja? Llamemos *centro de gravedad de la caja*

Fig. 5.

al punto donde se cruzan los hilos. (Dejemos la caja atravesada por los hilos, para un experimento posterior.)

Recordando la situación del centro de gravedad de los cartones del experimento anterior, así como la del centro de

gravedad de la caja, no es difícil descubrir que el centro de gravedad se encuentra siempre en la línea . . . trazada desde el punto de suspensión del objeto.

Experimento 5.—Coloquemos la caja de tal modo que repose sobre una pequeña superficie, como una regla, el extremo de un palo, etc. Observen si el centro de gravedad de la caja queda justamente encima de la superficie ó del punto por donde la caja se apoya.

Así, pues, una vertical trazada desde el centro de gravedad hacia abajo, debe siempre encontrar la superficie por donde el objeto se apoya.

Experimento 6.—Coloquemos la caja de modo que una de sus caras más pequeñas repose sobre una tablilla. Luego levantemos esta tablilla por uno de sus bordes, haciendo que la caja se incline cada vez más. Observemos si cuando la caja cae, el centro de gravedad queda todavía encima de la superficie por donde la caja reposa.

Fig. 6.

Experimento 7. — Fijemos en una de las esquinas de la caja un pequeño peso, (una piedra, un trozo de madera), y repitamos los experimentos anteriores. Obsérvese si ha variado la posición del centro de gravedad.

¿Por qué no cae el payaso que se sostiene en las tres posiciones que muestra la Fig. 5? ¿Por qué puede mantenerse en equilibrio sobre una pequeña base, el flamenco de la Fig. 6?

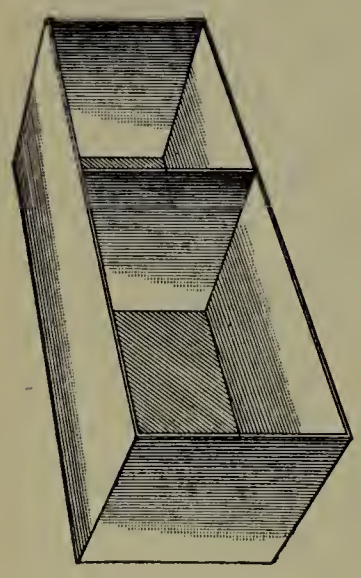


Fig. 7.

Experimento 8.—Tomemos una caja de cartón, de las que se usan para guardar botines. Pongámosle un pequeño tabique en su interior, cuidando que los dos compartimientos así formados no sean iguales, Fig. 7. Llenemos uno de dichos compartimientos con municiones, arena, tierra ó piedrecillas. Cerremos nuevamente la caja, y coloquémosla reposando sobre una pequeña cara. Inclínese luego la caja hasta hacerla caer. Repítase el experimento haciendo reposar la caja sobre la cara opuesta. ¿En qué caso es necesario dar mayor inclinación á la caja? ¿Por qué?

Hay en Pisa, ciudad de Italia, una torre tan inclinada, que á primera vista parece imposible que no se caiga. El centro de gravedad de dicha torre ¿estará á la derecha ó á la izquierda de la línea A B? (Fig. 8).

Fig. 8.—La torre inclinada de Pisa.

Problema.—¿Por qué una botella está más expuesta á caerse cuando reposa por la boca que cuando descansa sobre el fondo?

Experimento 9.—Colguemos una mece-

dora, de una cuerda y tratemos de encontrar su centro de gravedad.[1] Las operaciones que haremos serán análogas á las que realizamos en el experimento 4, cuando determinamos el centro de gravedad de la caja. Una plomada nos servirá para averiguar qué punto de la rejilla queda en la misma línea vertical que pasa por el punto de suspensión. Colgando luego la silla de otro punto y haciendo igual operación, será fácil observar que el . . . se encuentra en el punto de intersección de ambos hilos.

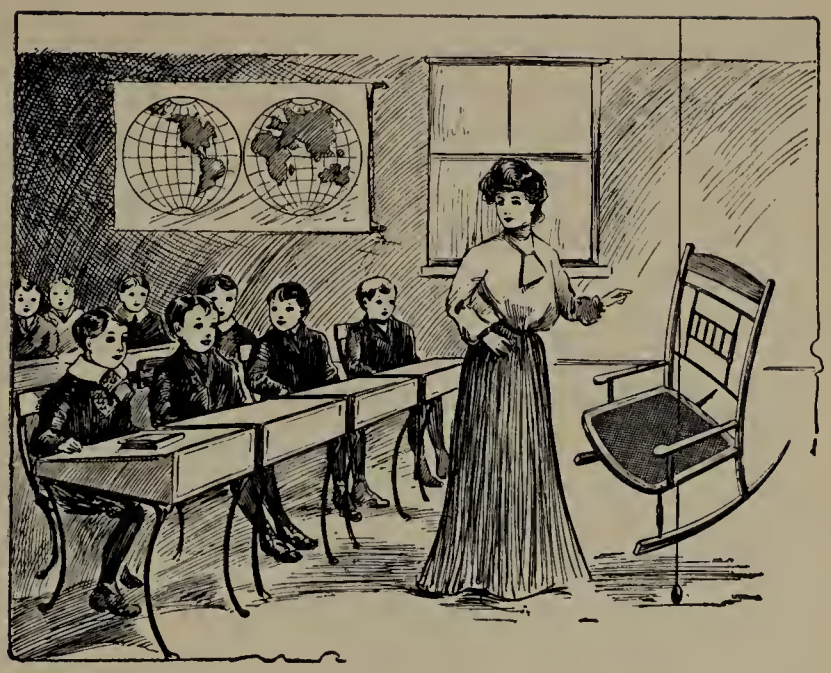


Fig. 9.

Determinada la situación del centro de gravedad de la mecedora, hagamos balancear ésta de adelante atrás y notemos si el centro de gravedad se mantiene siempre á la misma altura del suelo. Obsérvese si el centro de grave-

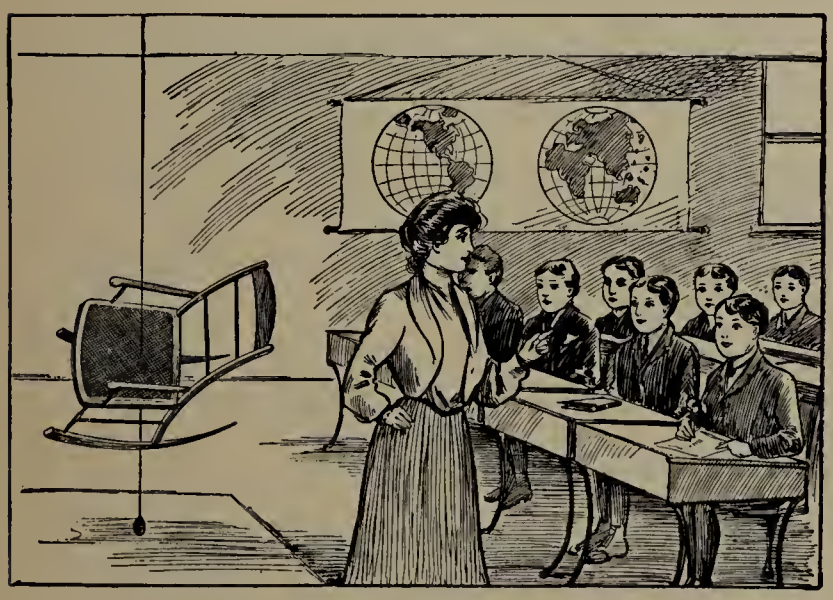


Fig. 10.

[1] Si no tenemos á mano una mecedora, este experimento puede substituirse por el siguiente.

dad alcanza su posición más baja cuando la silla queda inmóvil.

Experimento 10.—Recortemos dos cartones, dándoles la forma representada en la Fig. 11 (cada cartón puede tener 30 centímetros de largo). Hallemos su centro de gravedad. (Experimento 3.) Atravesemos ambos cartones con alfileres, de tal modo que las dos hojas de cartón se mantengan separadas una de otra la distancia que permiten los alfileres (Fig. 12). Atravesemos una mina de lápiz por los puntos que señalan la situación del centro de gravedad, y haciendo luego oscilar el aparato con un movimiento de vaivén, acerquemos un cartón al lápiz, de modo que éste deje un trazo visible de sus diferentes posiciones. Tratemos de descubrir si el punto más bajo corresponde á la posición del aparato cuando éste se halla en equilibrio.

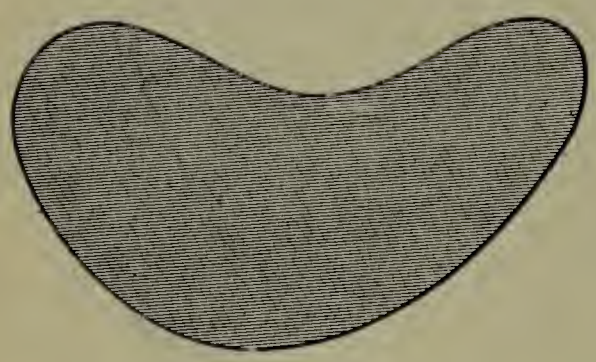


Fig. 11.

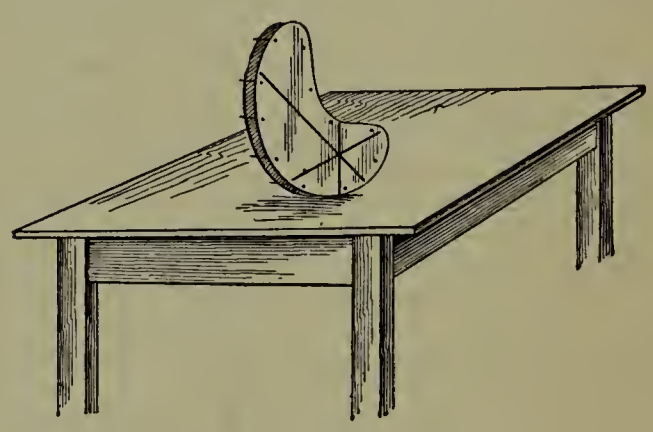


Fig. 12.

Hemos aprendido, por lo tanto, que la atracción de la Tierra tiende constantemente á llevar el centro de gravedad de los objetos á la situación más baja posible.

En ciertos lugares de la Tierra hay piedras, á veces de gran tamaño, que se hallan en equilibrio como una mecedora, moviéndose á impulso de los vientos intensos. La más famosa de tales piedras es la piedra movediza del Tandil, en la República Argentina (Fig. 13).

Se dice que siendo gobernador de la provincia de Buenos Aires el general Rozas, quiso derribar la famosa roca, y al efecto ordenó que se uncieran á ella más de cincuenta yuntas de bueyes. Esta tentativa no tuvo, felizmente, resultado alguno, y por lo tanto, la multitud de personas que visitan el lugar, no se ven privadas de la contemplación de esa maravilla natural.

Fig. 13.—Piedra movediza del Tandil.

La roca se mueve á impulso del viento, aunque el movimiento es tan lento, que no se percibe fácilmente; razón por la cual los visitantes acostumbran á poner debajo de la roca botellas y otros objetos frágiles, los cuales quedan reducidos á pequeñísimos fragmentos cuando la roca los oprime.

Fig. 14.

¿Podrían Vds. decir por qué la piedra movediza no rueda hacia abajo?

En los experimentos hechos hasta ahora, el centro de gravedad se ha encontrado siempre *arriba* del punto ó de los puntos por donde los objetos reposaban. Vamos ahora á hacer otros experimentos, procurando que el centro de gravedad se halle *debajo* del punto de suspensión ó de sustentación de los objetos.

Experimento 11.—Con migas de pan y tres palillos de dientes, construyamos el juguete de la Fig. 14. Determinemos con más ó menos exactitud la situación del centro

de gravedad. (Recordemos lo que hicimos con los cartones para marcar en ellos el centro de gravedad.)

Sostengamos por el punto *a* el aparato que acabamos de

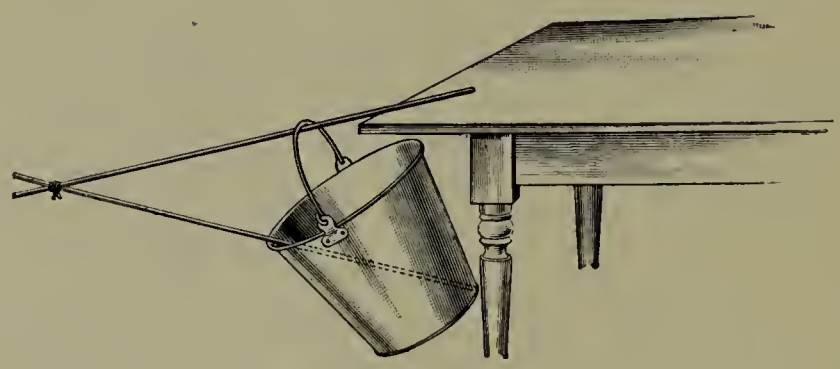


Fig. 15.

construir. ¿El centro de gravedad queda arriba ó abajo del punto por donde reposa?

Problema.—Disponiendo el balde como lo muestra la Fig. 15, ¿por qué no cae al suelo?

III

LOS CUERPOS QUE CAEN

Ahora que sabemos por qué los cuerpos se mantienen en equilibrio, vamos á observar cómo caen al suelo los cosas que se abandonan á sí mismas.

Experimento 12.—Procurémonos una alfajía (tira gruesa de madera), de unos dos metros de largo. Un carpintero hará una canaleta de dos centímetros de ancho á lo largo de la alfajía en una de sus caras más estrechas. Es necesario también una bolita ó bolón de vidrio y un trozo de madera, de diez centímetros de largo. Este trozo puede obtenerse fácilmente, de la madera que sobró al cortar de la alfajía los dos metros que vamos á utilizar en este experimento.

El trabajo que vamos á hacer requiere, además, un péndulo, que haremos fácilmente envolviendo un bolón de vidrio en un género liviano que servirá de bolsa para suspenderlo luego por medio de un hilo de coser. Si damos al hilo la longitud de un metro, cada oscilación marcará aproximadamente un segundo. Verifiquemos esto por medio de un reloj.

Coloquemos la viga sobre la mesa ó sobre los pupitres, de tal modo que la cara superior sea la que lleve la canaleta, procurando también que uno de sus extremos quede más levantado que el otro (unos 15 centímetros). Para levantar dicho extremo, dispondremos la viga como lo muestra la figura.

Nos proponemos hacer rodar la bolilla por la canaleta, y queremos descubrir qué espacio recorre aquélla en un

segundo. Para esto lo más fácil será poner el péndulo en movimiento, rogando á un condiscípulo que dé una palmada á cada oscilación. Otra persona tendrá la bolita en el extremo elevado de la alfajía, y cuando suene una palmada, la soltará *sin empujarla.* Otro condiscípulo tiene que estar atento, con el trozo de madera en la mano, y detendrá la bolita cuando suene la siguiente palmada. Todo esto es muy difícil de hacer, de manera que no deberemos desanimarnos si el

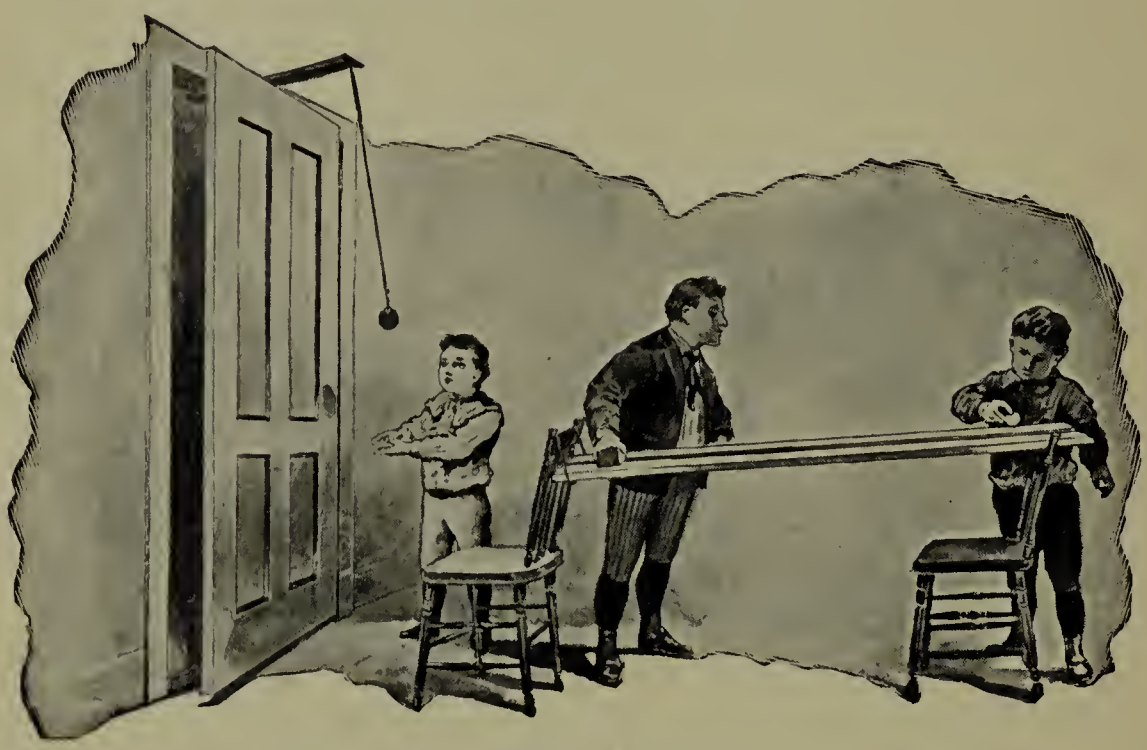


Fig. 16.

experimento no sale bien la primera vez. Haremos varios ensayos, y luego notaremos, con satisfacción, que los errores son cada vez menores (Fig. 16).

Midamos la distancia á que hemos detenido la bola.

Ahora, conservando la misma inclinación de la alfajía, midamos el espacio que recorre la bola durante dos segundos. ¿Es el doble? Durante tres segundos. ¿Es el triple? Durante cuatro. Midamos cuánto recorrió la bola durante el *primer* segundo. Durante el *segundo* segundo. Durante el

tercer segundo. Durante el *cuarto* segundo. ¿Recorre la bola espacios iguales en tiempos iguales?

Aumentemos gradualmente la inclinación de la alfajía. ¿Les parece á Vds. que cualquiera que sea la inclinación que se le dé, la bola llega al otro extremo con más velocidad que la que llevaba al partir?

Dejemos caer la bola desde una altura cualquiera. ¿Sucede lo mismo esta vez también?

Experimento 13.—Véndese un niño los ojos, mientras un compañero deja caer en sus manos una bolita desde alturas cada vez más grandes. Tratemos de adivinar la altura desde donde cae la bolita.

¿No creen Vds. que conociendo con exactitud la velocidad con que llega á la Tierra un cuerpo que cae, se podría saber la altura desde donde cae?

¿Y no les parece también que sabiendo la altura desde donde un cuerpo cae, podría determinarse con exactitud la velocidad con que llegará á la Tierra?

Es fácil comprender por qué la velocidad de los objetos que caen, aumenta constantemente. En efecto: la Tierra los sigue atrayendo siempre, de modo que mientras están cayendo, á cada instante la Tierra agrega más velocidad á la que ya traían. Sucede algo parecido cuando se hace correr un arco por un suelo nivelado, dándole golpes con una varilla. ¿Por qué se acelera entonces la velocidad del arco?

MONTAÑAS RUSAS

La diversión llamada "montañas rusas" recuerda algo nuestro experimento con la alfajía. Las montañas rusas no son, en efecto, más que rieles inclinados, primero hacia abajo y luego hacia arriba. Sobre estos rieles se deslizan carritos

donde pueden ir cuatro ó seis personas (Fig. 17). Al bajar, la velocidad . . . de tal manera, que los carritos pueden subir la cuesta del otro lado.

Hoy se construyen montañas rusas de otra especie. En ellas la vía, al llegar al punto inferior, describe una circunferencia completa, como lo muestra la Fig. 18; de manera que llega un momento en que los carritos se hallan con las ruedas hacia arriba, estando, naturalmente, los pasajeros,

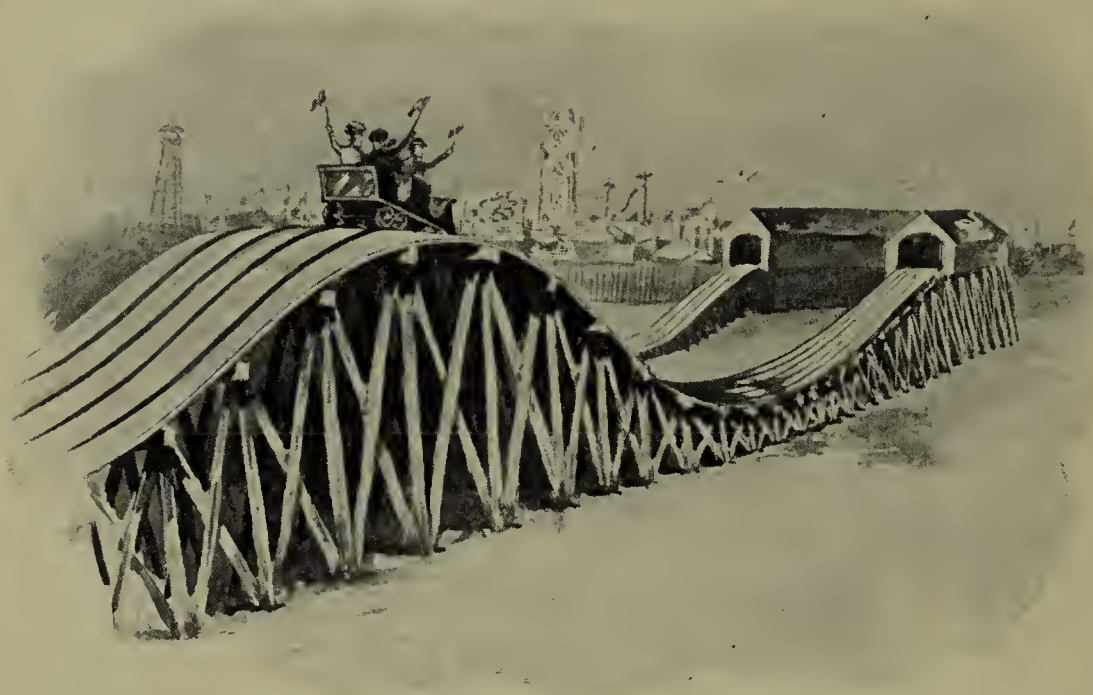


Fig. 17.

con las cabezas para abajo. ¿Por qué no se caen las personas al pasar por la parte superior de la circunferencia?

EL PÉNDULO

Cuando atamos un objeto en el extremo de un hilo que cuelga del techo ó de un punto elevado cualquiera, tenemos construído un aparato muy útil que se llama *péndulo.*

Para saber por qué es útil el péndulo, y qué cosas pueden

descubrirse por medio de él, es menester que construyamos uno, con un hilo de coser de dos metros y medio de largo,

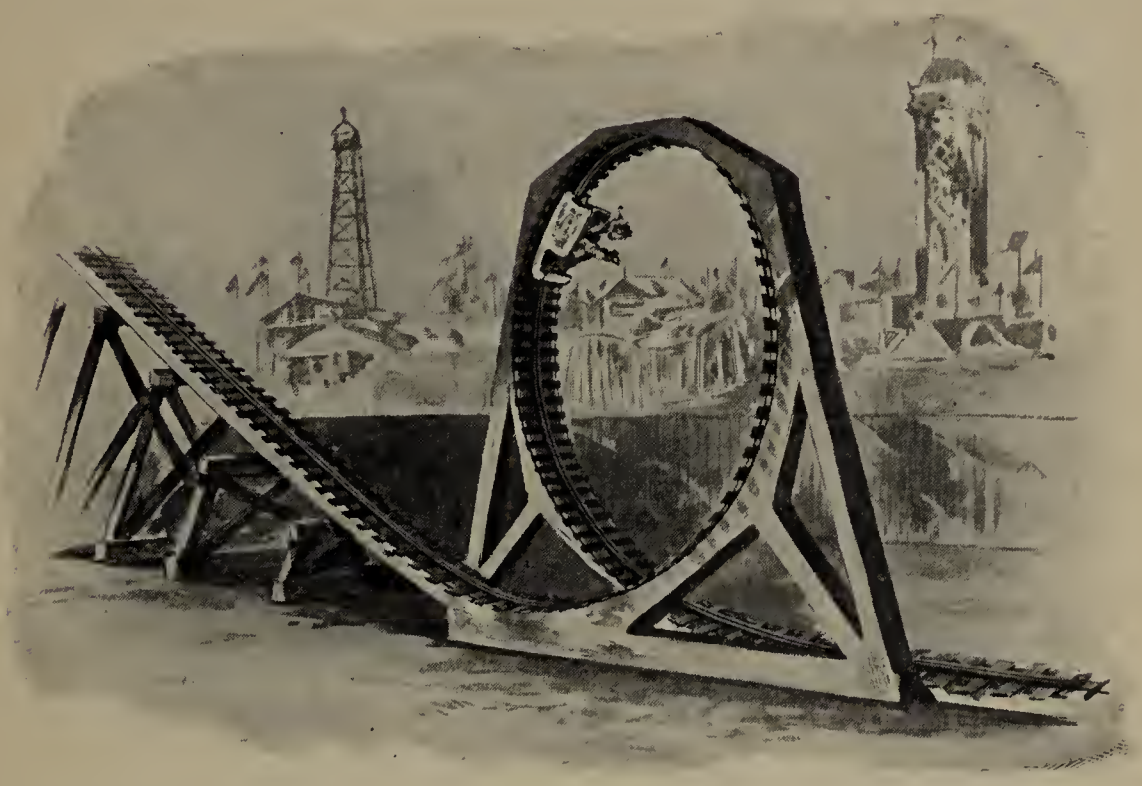


Fig. 18.

atándole un objeto pequeño, pero pesado, en el extremo inferior. Para esto nos puede servir un bolón envuelto en una pequeña tela. Si el péndulo no puede suspenderse del techo, puede colgarse de una regla sostenida entre el marco y la parte superior de la hoja de una puerta.

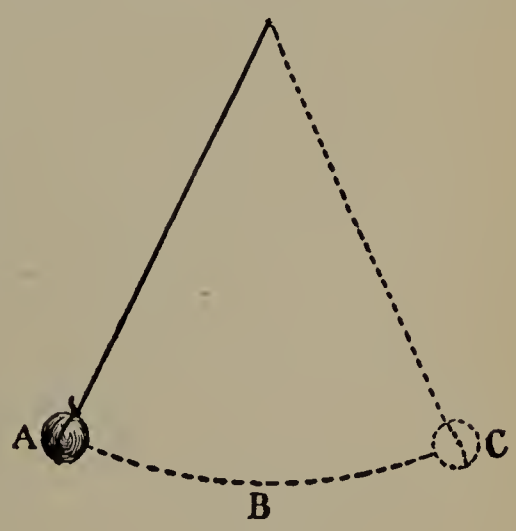


Fig. 19.

DURACIÓN DE LAS OSCILACIONES

Experimento 14.—Hagamos oscilar el péndulo. El objeto suspendido del hilo pasa de A á C (Fig. 19). Este movimiento se llama una *oscilación.*

Observemos si cada oscilación recuerda el movimiento del arco con que juegan los muchachos, y las montañas rusas.

¿Aumenta la velocidad del péndulo desde que lo soltamos? ¿Por qué?

¿En qué punto es mayor la velocidad?

¿Dónde comienza á perder la velocidad?

¿Por qué pierde velocidad?

¿Por qué se detiene en el punto B?

Contemos ahora el número de oscilaciones del péndulo durante medio minuto. Al cabo de un rato, cuando las oscilaciones son más pequeñas, volvamos á contarlas durante otro medio minuto. ¿Es el mismo número que antes? ¿Cada oscilación dura tanto como otra?

La observación que acaban Vds. de hacer, la verificó por primera vez en una catedral de Italia un muchacho que después fué un sabio famoso. Un día, hallándose este muchacho en misa, observó, al levantar los ojos, el movimiento de una lámpara suspendida de la bóveda del templo, que un sacristán acababa de encender. Galileo (que así se llamaba el muchacho), notó que aunque el tamaño de las oscilaciones disminuía poco á poco, el tiempo en que cada una se verificaba, parecía ser el mismo. Galileo no podía comprobar esta suposición como lo han hecho Vds., pues en ese tiempo no se habían inventado todavía los relojes. Galileo fué á su casa, y observando atentamente el movimiento de péndulos diferentes durante espacios de tiempo muy largos, encontró que, en efecto, cada uno hacía el mismo número de oscilaciones en el mismo tiempo.

¿No les parece á Vds. que este descubrimiento era muy importante en una época en que no había relojes? Entonces para medir el tiempo, se usaba el reloj de arena, ó depósitos de agua que recibían un chorro constante de líquido, lo que

hacía subir gradualmente el nivel del agua. El aparato comenzaba á funcionar á mediodía, siendo este momento determinado por medio de un reloj de sol.

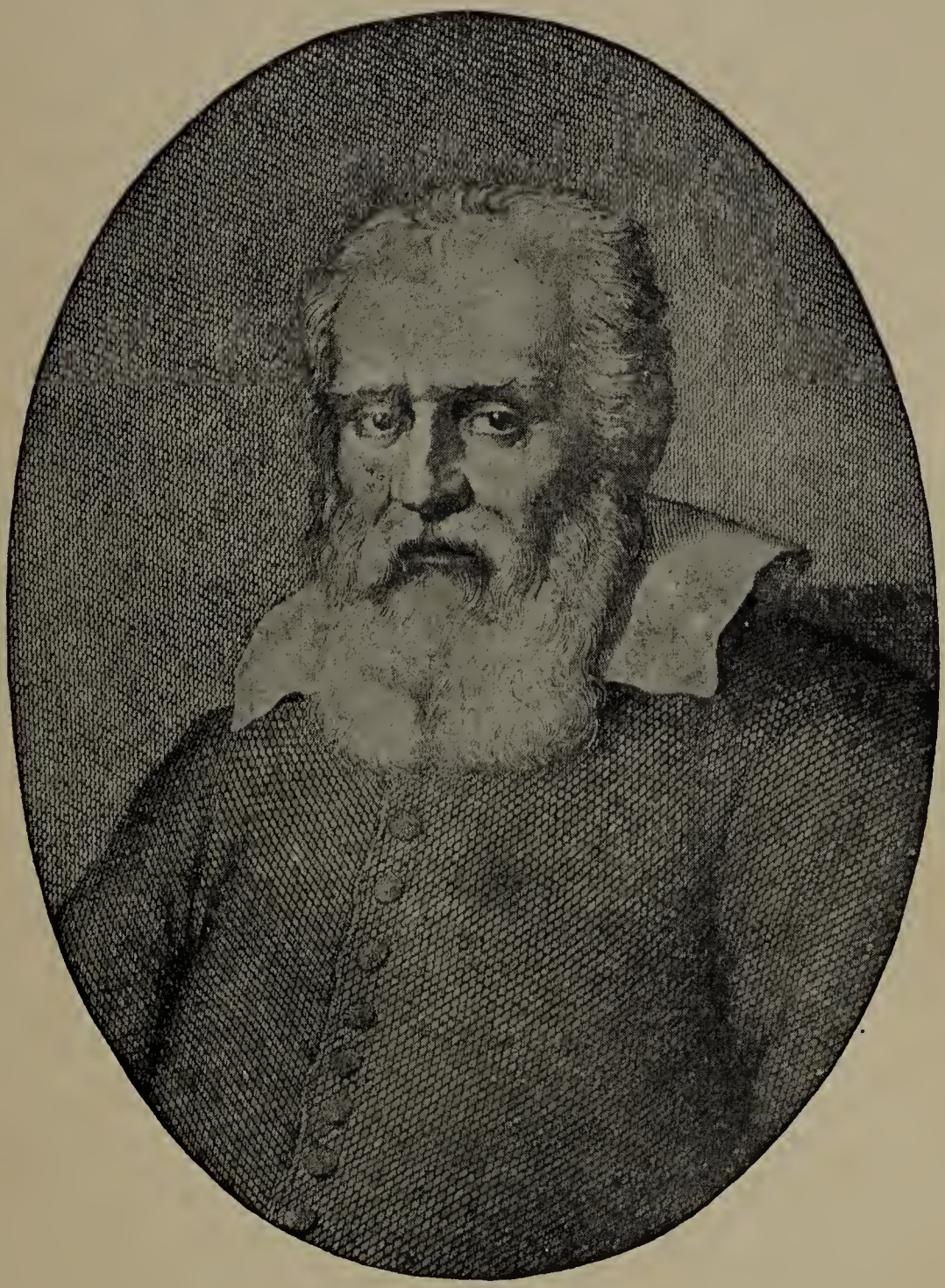


Fig. 20.—Galileo.

También se usaban bujías para medir el tiempo. Se las mantenía constantemente encendidas desde el mediodía, y la

cantidad consumida desde ese momento permitía calcular el tiempo transcurrido.

Como se ve, no se conocía entonces ninguna cosa que marcase exactamente espacios iguales de tiempo; y, por lo tanto, el descubrimiento de Galileo hizo posible la invención de los relojes, que se fundan como ya sabemos, en el hecho de que las oscilaciones del péndulo conservan siempre la misma duración, siempre que no se altere la longitud de aquél.

Obsérvese un reloj de pared; ¿qué pasa en la máquina cuando el péndulo se mueve hacia la derecha? Y ¿qué pasa cuando el péndulo se mueve á la izquierda? Averígüese por qué las ruedas del reloj andan constantemente con la misma velocidad.

Fig. 21.

LA LONGITUD DEL PÉNDULO Y LA DURACIÓN DE LAS OSCILACIONES

Experimento 15.—Acortemos el hilo del péndulo de modo que su longitud se reduzca á la cuarta parte. (La longitud del péndulo debe contarse desde el punto por donde cuelga, hasta la parte inferior del bolón.) Contemos el número de osc laciones durante medio minuto. ¿Son más ó menos que antes? ¿Cuántas veces? Hagamos el péndulo nueve veces más corto y contemos el número de oscilaciones durante medio minuto. ¿Cuántas veces más ó menos que cuando el péndulo era nueve veces más largo?

¿Sabrían Vds. encontrar alguna relación entre el número de oscilaciones y la longitud del péndulo?

¿Cuántas serían las oscilaciones del péndulo, si la longitud fuese 16 veces menor?

¿Por qué tienen los péndulos de los relojes un tornillo en la parte inferior, que permite alargarlo ó acortarlo? (Fig. 21.)

EL PLANO INCLINADO

Experimento 16.—Necesitamos un carrito de juguete que tenga unos diez ó doce centímetros de largo y ruedas que giren con poco rozamiento.

Atemos á nuestro carrito un hilo de coser de medio metro de largo. En el otro extremo del hilo fijemos una bolsa, que construiremos fácilmente reuniendo las cuatro puntas de un pañuelo muy liviano, ó mejor, de un trozo de muselina.

Procurémonos una tabla lisa, del mismo largo que el hilo y de un ancho mayor que el del carrito. Atornillemos una pequeña roldana (que compraremos en una ferretería), en el extremo de la tabla, de la manera que muestra la Fig. 22. Poniendo ahora verticalmente la tabla en el borde de una mesa y pasando el hilo por la roldana, pongamos en el carro un pañuelo de un peso igual al del que nos sirvió para hacer la bolsa. Á fin de equilibrar ahora el peso del carro y hacer que sea igual el peso que cuelga á ambos lados de la roldana, echemos en la bolsa las bolitas necesarias para equilibrar el peso del carro.

Fig. 22.

Una vez averiguado el número de bolitas que equilibran el peso del carro, mientras la tabla se halla verticalmente, disminuyamos la inclinación de la tabla. ¿Qué sucede?

¿Qué tendremos que hacer entonces para que el peso del carro se equilibre nuevamente con el de las bolitas de la bolsa?

¿Cuántas bolitas tenemos que quitar para que ambos pesos se equilibren cuando la tabla se halla en una posición intermedia entre la vertical y la horizontal? ¿Cuánto ha disminuído la fuerza necesaria para arrastrar el carrito?

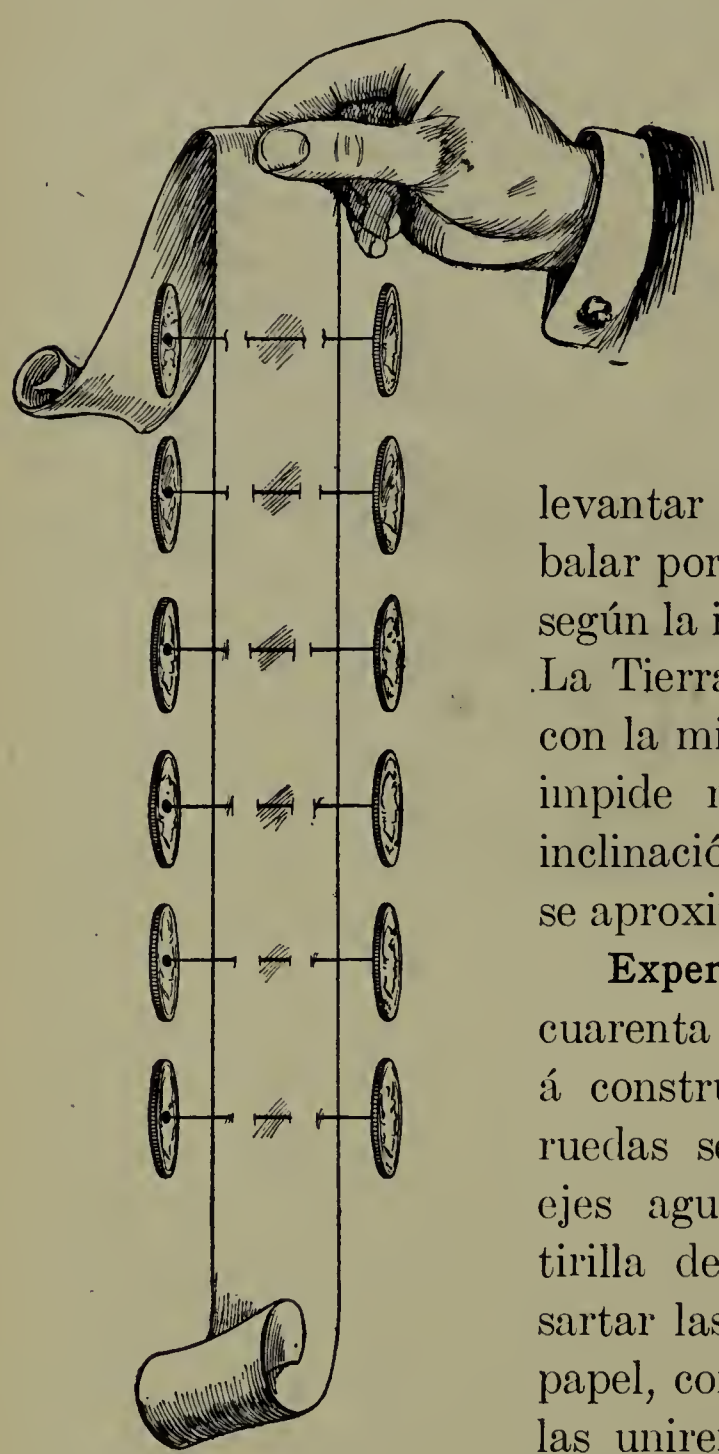


Fig. 23.

El experimento que acabamos de hacer, nos muestra claramente que la fuerza necesaria para levantar un objeto haciéndolo resbalar por un plano inclinado varía según la inclinación de dicho plano. La Tierra atrae siempre al objeto con la misma fuerza; pero el plano impide más ó menos, según la inclinación que tiene, que el cuerpo se aproxime á la Tierra.

Experimento 17.—Con treinta ó cuarenta monedas de cobre vamos á construir un largo carro. Sus ruedas serán las monedas, y sus ejes agujas, aseguradas en una tirilla de papel. Después de ensartar las agujas en dicha tira de papel, como lo muestra la Fig. 23, las uniremos á los centros de las ruedas por medio de lacre ó de cera

dura. Terminado nuestro carro, pongamos una cartulina gruesa sobre una mesa (Fig. 24), y con la ayuda de algunos libros formemos con ella dos pendientes de diferente inclinación.

Coloquemos el carrito sobre la cartulina, de modo que una parte repose sobre una pendiente y el resto sobre la otra.

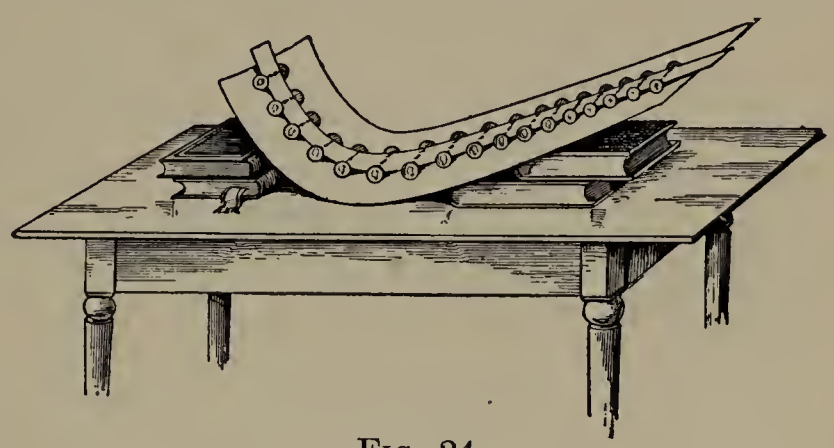


Fig. 24.

¿Cuántas ruedas hay en la pendiente más inclinada? ¿Cuántas ruedas hay en la pendiente menos inclinada? ¿En cuál de las dos pendientes hay menos ruedas? ¿Por qué razón un pequeño número de ruedas en una pendiente equilibra el peso de un número mayor de ruedas en la otra? (Recuérdese el experimento hecho con el carrito.)

Experimento 18.—Observemos ahora si las extremidades de nuestro largo carro se hallan situadas á la misma altura sobre la mesa. (Si esto no sucede, tal vez será porque los ejes están muy ajustados y no pueden rodar libremente.)

Desprendamos ahora algunas ruedas, cortando parte del

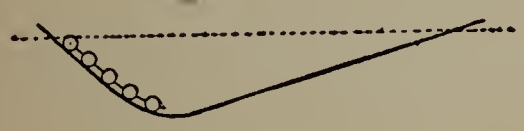


Fig. 25.

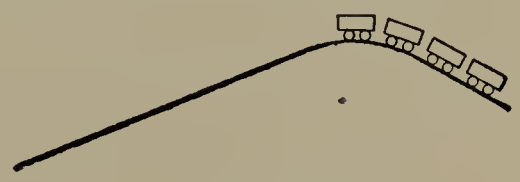


Fig. 25 A.

carro con una tijera. ¿Quedan de nuevo los extremos de la parte restante á la misma altura?

Problemas.—¿Cuántas ruedas deberán ponerse en la pendiente menos inclinada (Fig. 25) para equilibrar el peso de las que se hallan en la otra pendiente?

¿Cuántos vagones sería necesario poner en la vía de la

Fig. 25 A enganchados á los que se hallan representados, para que éstos no rueden hacia abajo?

¿Cuántos vagones tendría un tren colocado en equilibrio

Fig. 25 B.

Fig. 25 C.

sobre la línea de la Fig. 25 B, si el vagón representado fuese uno de los extremos de dicho tren?

¿Cuántos vagones deben agregarse á los de la Fig. 25 C, para que éstos no rueden hacia abajo por la pendiente en que se hallan?

IV

ATRACCIÓN DE LA TIERRA SOBRE LOS LÍQUIDOS

Experimento 19.—En el extremo pequeño de un embudo coloquemos un tapón atravesado por un tubo de vidrio, al que fijaremos otro de goma, de unos dos metros de largo. Llenando de agua el embudo y colocándolo á la altura de unos dos metros y medio, oprimamos con los dedos la extremidad inferior del tubo de goma, para impedir que salga el agua. Luego, dirigiendo hacia arriba un pequeño chorro, observemos cómo sube el agua y luego vuelve á la tierra.

¿Disminuye la velocidad con que asciende el agua á medida que sube? ¿Por qué se detienen las gotas de agua durante un instante y luego caen al suelo? ¿Atrae la Tierra á los líquidos?

NIVEL DE LOS LÍQUIDOS

Veamos ahora lo que nos enseña el agua encerrado en tubos.

Experimento 20.—Quitemos del embudo el tubo de goma y agreguemos á los extremos de éste dos tubos de vidrio. Echemos agua en el aparato así formado, de manera que el borde del líquido llegue en ambos lados hasta la mitad de los tubos de vidrio. Coloquemos el tubo como lo muestra la Fig. 26.

Fig. 26.

¿Hay la misma ó desigual cantidad de agua en las dos ramas del tubo?

¿Están á la misma altura los bordes del líquido? ¿Nos

hace este experimento suponer que el peso que ejerce sobre el punto inferior el agua contenida en una rama del tubo, es igual al peso que ejerce sobre aquel mismo punto el agua contenida en la otra rama, á pesar de que las cantidades de agua que hay á ambos lados del punto inferior son diferentes? ¿No nos recuerda esto el experimento 19?

Experimento 21.—Ajustemos dos tapones de corcho en los extremos más delgados de dos tubos de lámpara (Fig. 27). Atravesemos cada uno de estos tapones con un tubo de vidrio. (Para horadar el corcho puede usarse un clavo enrojecido al fuego.) Cerremos la extremidad más ancha de uno de los tubos de lámpara, con una membrana de goma asegurada con un hilo fuerte en el sitio donde comienza el estrechamiento del tubo. Llenemos de agua este tubo, cerrémoslo con el tapón, y por medio de un tubo delgado de goma unámoslo con el otro tubo de lámpara, que también llenamos de agua.

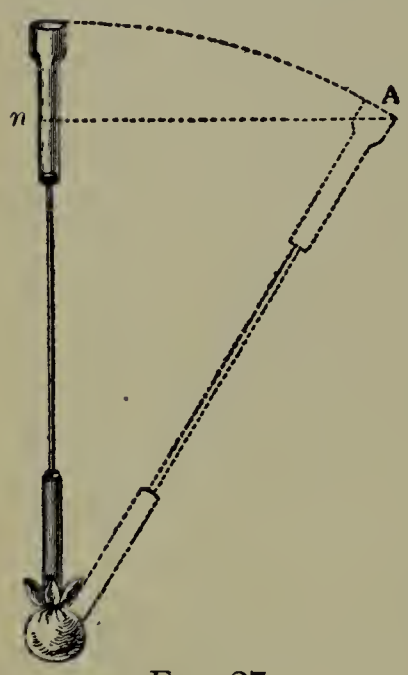


Fig. 27.

Hecho esto, poniendo hacia abajo la extremidad cerrada con la membrana, notemos si ésta se estira bajo el peso del agua. Inclinemos ahora el tubo y observemos la membrana. ¿Podemos deducir si ésta sufre menor peso que antes?

Si después de inclinar el aparato hasta el punto A lo llevamos de nuevo á su primera posición vertical, y quitamos el agua hasta el punto *n* (que se halla á la misma altura que el punto A), observemos si la goma indica que sufre en las dos posiciones, la misma presión. ¿Qué podemos deducir de esto? (Observemos que los puntos *n* y A se hallan á la misma altura del suelo.)

Hemos aprendido, por lo tanto, que el agua contenida en tubos ó vasijas que se comunican *conservan el mismo nivel.* (Experimento 20.) Si observamos ahora la Fig. 24, comprenderemos que hay una gran semejanza en la manera como la Tierra atrae á los sólidos y á los líquidos. Si la línea inferior de las Figs. 24, 25 y 25 B y C, representasen tubos de goma que contuviesen agua, ésta conservaría en ellos el mismo nivel en ambos extremos, exactamente como lo hacen las bolitas y ruedas en dos planos inclinados diferentemente.

NIVEL DE AGUA

Ahora van Vds. á conocer un instrumento muy útil, mediante el cual se aprovecha la propiedad que tienen los líquidos de conservar su nivel cuando se hallan dentro de tubos que se comunican. Este instrumento es el representado en la Fig. 28, y se llama *nivel de agua.* La persona representada en la figura es un agricultor que quiere cavar un canal de riego desde un río que corre por su propiedad. Para que el agua corra por dicho canal, éste debe, naturalmente, pasar por lugares cada vez más bajos. Por lo tanto, el agricultor

Fig. 28.

tiene ante todo que saber qué puntos se encuentran á alturas cada vez menores. El siguiente ejercicio nos permitirá comprender cómo puede delinear su canal el agricultor.

Ejercicio.—Constrúyase un nivel de agua con el aparato de la Fig. 27, para lo cual basta quitar la membrana de goma y cargar los tubos con agua hasta la mitad de su capacidad. Un niño mantendrá uno de los tubos, afirmándolo en un palo que descansará en el suelo. Otro niño hará lo mismo con el otro tubo, procurando que la extremidad superior del palo coincida con el borde del agua. Dirigiendo por sobre los dos niveles una visual hacia la pared opuesta, otro compañero marcará en ella una señal en un punto que representa la prolongación de la visual. Si el piso de la habitación es horizontal, ¿á qué será igual la altura á que se ha hecho la marca? En caso contrario, la diferencia ¿qué indicará?

Más interesante es este ejercicio si se hace en el campo, en un patio ó en una huerta. Se trazará una línea en el suelo y sobre ella se plantarán estacas, procurando, con ayuda del nivel, que sus extremidades superiores queden á la misma altura. Luego se comprobará si se ha obtenido este resultado, dirigiendo una visual por sobre los extremos de las estacas.

AGUAS SUBTERRÁNEAS

Los aparatos que hemos construído para saber cómo la Tierra atrae á los líquidos, suelen hallarse también formados naturalmente, verificándose en ellos los mismos fenómenos que acabamos de conocer.

En la cordillera de los Andes, como en casi todas las montañas del globo, suelen formarse lagos cuyo origen se debe á la acumulación de agua procedente de las lluvias, en las concavidades y depósitos naturales que se hallan en la superficie de dichas montañas. Muchísimas veces se forman

también conductos en la roca, originados por rajaduras que se deben á temblores de tierra ó á la dilatación desigual de las rocas por el calor del sol, de la misma manera que el vidrio se quiebra al ponerlo en contacto con el agua fría, después de haber estado próximo al fuego. Cuando uno de tales conductos naturales pone en comunicación el fondo de uno de los lagos que se hallan á cierta altura, con un lugar situado en un nivel inferior, ¿qué pasará? Lo que pasó cuando pusimos el embudo en comunicación con el caño de goma. El agua se precipitará hacia abajo por el conducto natural; y si la extremidad del conducto se dirige luego hacia arriba, saltará por ella un chorro de agua lanzada verticalmente á una altura, que dependerá de la que tiene el lago.

FUENTES TERMALES

Todavía muestran cosas más interesantes estas comunicaciones subterráneas. Cuando el conducto natural de las aguas se interna profundamente en el interior de la Tierra y lleva á aquéllas muy lejos de la superficie, las aguas se ponen entonces en contacto con rocas muy calientes (pues la Tierra contiene fuego en su interior, según lo prueban los volcanes). Si después de haber penetrado muy abajo, los conductos subterráneos llevan de nuevo las aguas á la superficie, aquéllas conservan el calor. De este modo se forman algunas fuentes de agua caliente, llamadas *fuentes termales*. En América tenemos muchísimas fuentes termales, siendo de las más notables las que se hallan en el cerro de Domuyo, en los Andes del sur. De las faldas de ese cerro surgen cuatro chorros de agua hirviente. Uno de esos chorros es tan grueso como el cuerpo de un muchacho, y el agua se eleva á un metro de altura, con tanta fuerza que puede mantener en suspensión piedras del tamaño de un puño. El agua que brota es tan

caliente, que sumergida en ella la carne, se cuece en siete minutos. Cerca de esta fuente hay otra, de donde en vez de brotar el agua líquida, sale convertida en vapor: tal es la altísima temperatura á que el agua debe de hallarse sometida en el interior del conducto natural.

OTRAS COMUNICACIONES SUBTERRÁNEAS

Algunas veces los conductos subterráneos mantienen comunicación entre un río y un lago, ó entre un lago y el mar. Un conducto de esta clase parece existir entre la laguna Iberá y el río Paraná, en la República Argentina; pues aquélla rebosa cuando éste crece. En la costa del Pacífico se conocen muchas lagunas, cuyas aguas se comunican con el océano por conductos subterráneos, que retumban cuando sobre ellos pasan los caballos y las mulas. En México se conocen varias lagunas que comunica en ríos por debajo del suelo.

POZOS ARTESIANOS

Experimento 22.—En una fuente grande y algo profunda, pongamos un poco de arena, de manera que cubra su fondo con una capa de un centímetro de espesor. Sobre esta arena coloquemos un plato algo hondo, de hoja de lata, que tenga en el fondo un pequeño agujero. Ayudándonos con un poco de lacre, fijemos sobre este agujero un tubito de vidrio, como lo muestra la Fig. 29. Acabemos de llenar con arena la parte de la fuente que queda alrededor del plato. Virtamos agua sobre la arena. Observemos el tubito central. ¿Qué sucede? ¿Por qué?

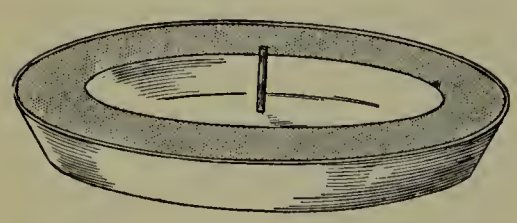


Fig. 29.

Lo que acabamos de hacer se repite con mucha frecuencia

en la naturaleza. La Fig. 30 representa la disposición del suelo de un lugar por debajo de la superficie, como si dicho suelo hubiese sido cortado verticalmente. Pueden Vds. notar una capa, *i i*, que se halla debajo de la que sostiene la casa. Supongamos que la capa *i i* esté formada de tierra greda, la cual es pegajosa y no deja pasar el agua á través de ella. La capa *p p* viene á representar la arena que se encontraba entre ambos recipientes en el experimento anterior, y la última, I, viene á ser la vasija exterior. Las aguas de lluvia que caigan sobre el punto *p* penetrarán por allí, como el agua que echamos en la vasija penetró por la arena. Si se introduce un tubo por el punto *a*, de modo que atraviese la capa *i*, ocurrirá lo que pasó en el experimento anterior. El agua subirá por er tubo, y si los puntos *p* se hallan á mucha altura, es posible que el agua salte por el tubo, formando una fuente natural. Esto es lo que se llama un *pozo artesiano*. Los pozos artesianos son, pues, muy útiles para obtener el agua que corre por debajo del suelo, y que no puede subir á recobrar su nivel, por impedírselo una capa *impermeable* (es decir, que no deja pasal el agua) situadá encima, exactamente como en el experimento 22 la hoja de lata no permitía pasar el agua situada debajo.

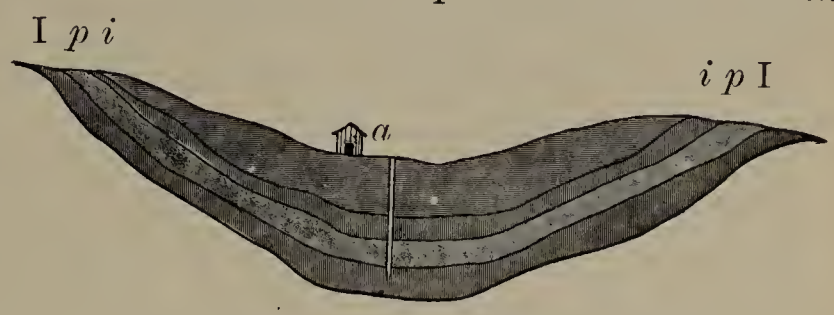


Fig. 30.

Ya ven Vds. cómo el agua se comunica á grandes distancias por debajo del suelo. Acabamos de ver que á veces esta comunicación es conveniente porque permite que el agua se aproveche para regar el suelo en lugares donde tal vez no haya ríos ó lagunas próximas.

TERRENOS ANEGADIZOS

Pero no siempre son benéficas estas corrientes subterráneas. Para comprender esto bien, supongamos que una capa permeable, (es decir, que permite pasar el agua, como la arena, por ejemplo), se encuentra comprendida entre dos impermeables (que no permiten pasar el agua, como la tierra greda, por ejemplo). Esto lo muestra la Fig. 31. El agua que cae sobre la capa permeable (representada en blanco) en los sitios donde ésta aparece al descubierto, corre hacia la derecha, pasando debajo de la capa impermeable superior. Al llegar al otro extremo, el agua se encuentra en una de-

Fig. 31.

presión sin salida, y no puede tampoco filtrarse y correr hacia abajo, porque la capa impermeable se lo impide.

Por lo tanto, el suelo en ese punto será anegadizo y poco favorable á la agricultura. Esto ocurre en muchos lugares de la República Argentina, de Chile y de México.

No son estos los únicos peligros que ofrece la comunicación subterránea de las aguas. Á favor de dicha comunicación, el agua de los charcos sucios, de los corrales, etc., se filtra por el suelo y llega hasta los pozos que contienen el agua que se bebe. De este modo se adquieren enfermedades graves, que afectan principalmente los intestinos. La fiebre tifoidea tiene principalmente este origen. Han aparecido epidemias

de esta enfermedad en colegios y escuelas rurales, debido á que los pozos, de cuya agua se servían los niños para beber, se hallaban próximos á lugares ó corrales.

No debe beberse jamás el agua de un pozo, sin haberla hervido previamente.

Los pozos que reciben las aguas servidas, deben hallarse á gran distancia de los que contienen el agua para beber (Fig. 32). ¿Por qué estos últimos deben hallarse á mayor altura que los primeros?

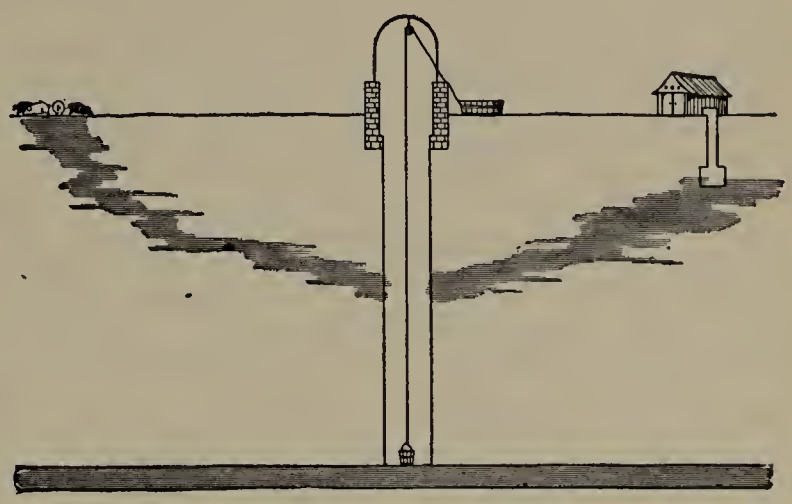


Fig. 32.

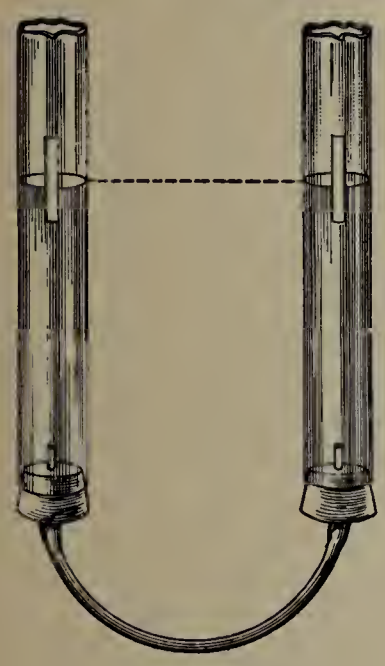


Fig. 33.

OTROS EFECTOS DE LA ATRACCIÓN DE LA TIERRA SOBRE LOS LÍQUIDOS

Experimento 23.—Pongamos cierta cantidad de agua en dos tubos que se comuniquen entre sí. Éstos pueden ser dos tubos de ensayo que se hayan roto en el fondo (Fig. 33). Peguemos en el vidrio dos tirillas de papel, y marquemos en ellas el nivel del agua en ambos tubos. (Los tubos deben estar fijos en una tabla vertical, ó colgados de modo que permanezcan á una altura invariable.) ¿Queda el agua en los dos tubos á la misma altura?

Echemos ahora cierta cantidad adicional de agua en uno

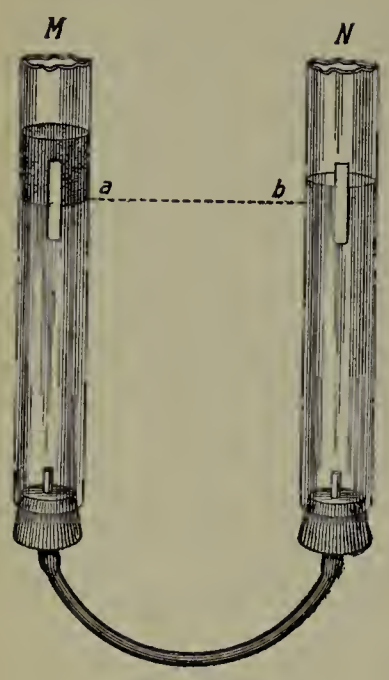


Fig. 34.

de los tubos. ¿Permanece el agua en el otro tubo en el lugar marcado?

¿Quedan todavía los dos niveles á la misma altura?

Quitemos la cantidad de agua echada últimamente, á fin de que el nivel del líquido esté á la misma altura que al principio. Echemos luego aceite sobre el agua de uno de los tubos (Fig. 34). ¿Permanece el agua en los dos tubos al mismo nivel? ¿Qué peso soporta el agua encima de la línea *a*?

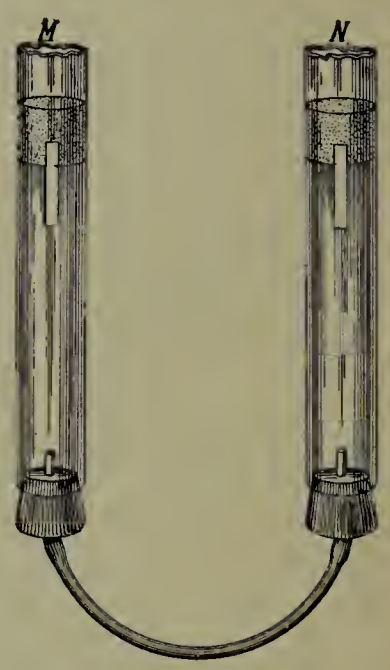


Fig. 35.

Echemos aceite en la rama N, para que el nivel del agua en este tubo descienda hasta la señal hecha en la tirilla (Fig. 35). ¿Cuánta cantidad de aceite hemos echado?

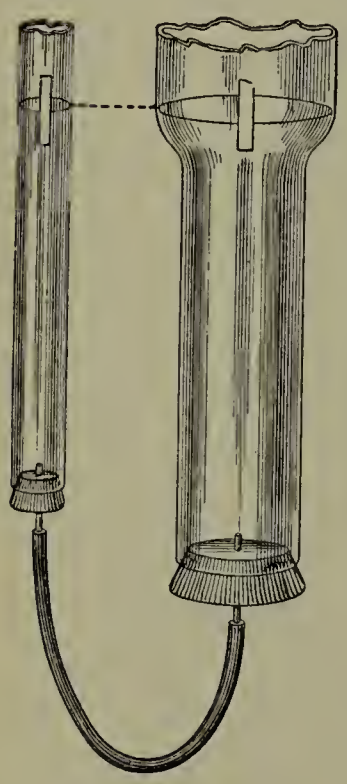


Fig. 36.

Experimento 24.— Hagamos ahora el mismo experimento, usando dos tubos desiguales. Para esto, reemplacemos uno de los tubos de ensayo por otro de lámpara (Fig. 36). ¿Se conserva el agua al mismo nivel, á pesar de encontrarse en tubos de diferente diámetro?

Obsérvese cómo la pequeña cantidad de agua contenida en el tubo de ensayo, equilibra el peso de la cantidad mucho mayor contenida en el tubo de lámpara.

EQUILIBRIO DE LOS LÍQUIDOS EN VASOS COMUNICANTES DESIGUALES

Experimento 25.—Llenando los dos tubos de agua hasta la señal marcada, echemos un poco de aceite en el tubo delgado (Fig. 37). Hagamos luego lo mismo en el tubo grueso, hasta que el nivel del agua en ambos tubos vuelvan á coincidir con las marcas señaladas en las tirillas de papel (Fig. 38). ¿Debemos echar la misma cantidad de aceite que hay en el otro tubo? ¿Qué peso soporta el agua en el tubo mayor, arriba del nivel de agua? ¿Qué peso soporta el agua en el tubo menor, arriba del nivel de agua? ¿Cuál de estos pesos es mayor? Por lo tanto, el peso del aceite en el pequeño tubo, equilibra un peso mucho mayor en el otro tubo.

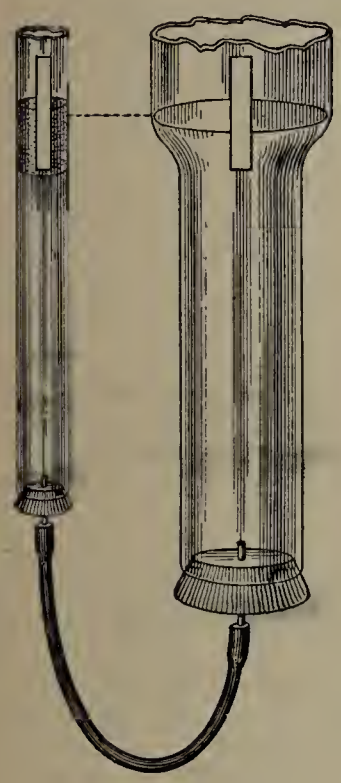


Fig. 37.

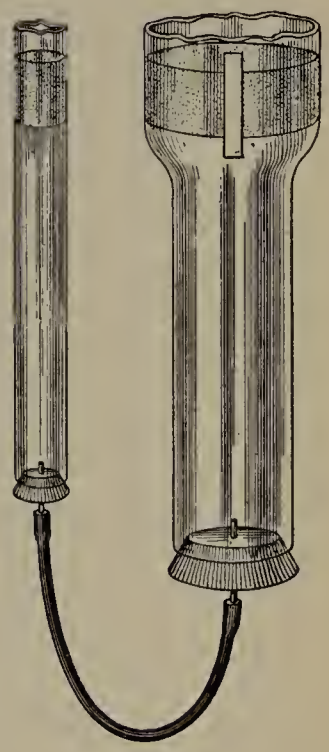


Fig. 38.

PRENSAS HIDRÁULICAS

Es evidente que si en lugar de echar aceite en la superficie del agua, pusiéramos un pistón ó émbolo en cada uno de los tubos, la presión ejercida sobre el émbolo menor, vencerá una resistencia mucho mayor en el otro.

La Fig. 39 nos muestra una de estas máquinas. Si encima del pistón C de la figura hubiera un fardo, se le podría aprensar con mucha fuerza, comprimiéndolo entre dicho pistón y la

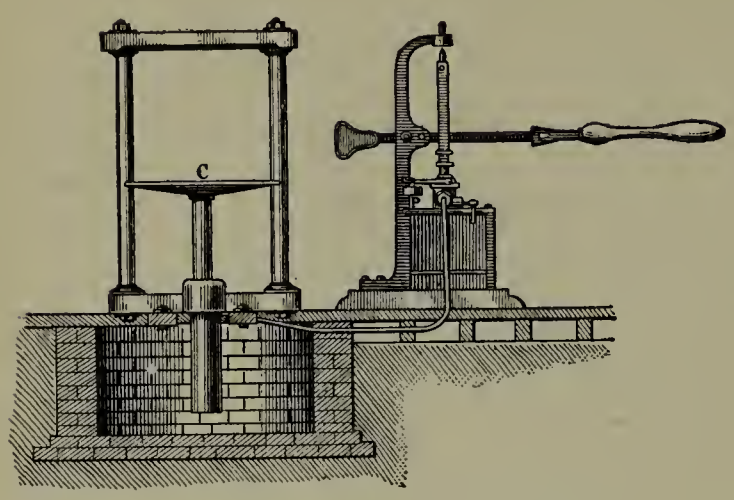


Fig. 39.—Prensa hidráulica.

placa resistente colocada arriba. De esta suerte se enfarda la lana, el algodón, el tabaco, el pasto seco ó heno, las pieles y otros productos que se producen en nuestra América.

Esta máquina se llama prensa hidráulica.

La Fig. 40 nos muestra otra aplicación de la prensa hidráulica. Observen cómo dobla una fuerte plancha de acero.

CUERPOS SUMERGIDOS EN LOS LÍQUIDOS

Antes de ahora observamos que los líquidos conservan su nivel cuando se encuentran en tubos comunicantes. Pero sabemos que lo mismo ocurre cuando los líquidos se encuentran en recipientes, ó en grandes cantidades como los lagos, los ríos en calma ó los mares. En el mar el horizonte forma una línea horizontal.

Experimento 26.—En un recipiente que contenga agua, introduzcamos un tubo de lámpara, á cuyo extremo inferior aplicaremos una tarjeta ó cartón duro, en el centro del cual hemos fijado un hilo (Fig. 41).

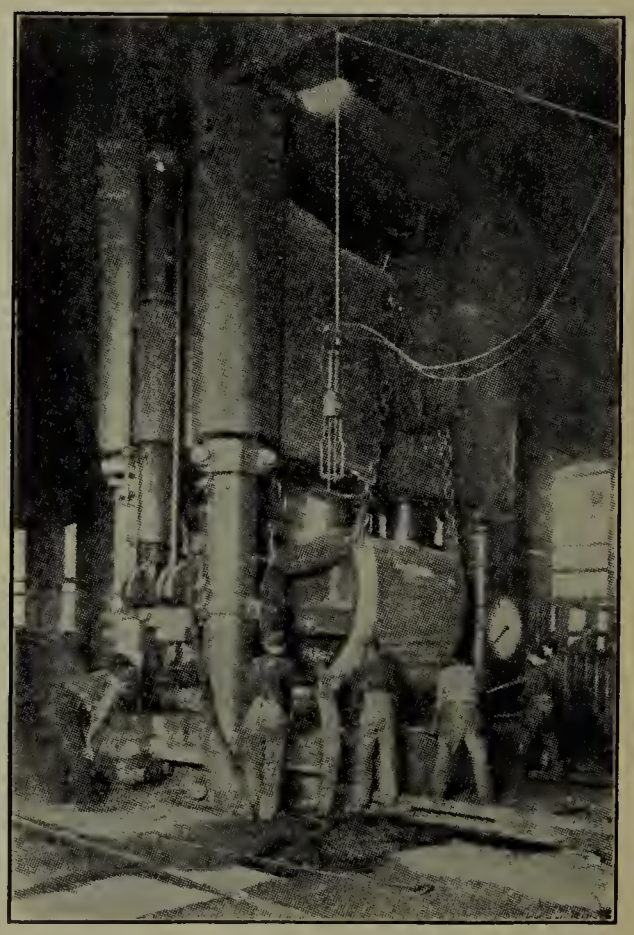


Fig. 40.

¿Notamos cierta resistencia al introducir el tubo en el agua? Ya sabemos que el tubo se ha aligerado, debido á la fuerza que hace el agua de abajo hacia arriba, y que empuja la tarjeta y el tubo hacia arriba. Tratemos de medir esta fuerza. ¿Cómo lo conseguiremos? Aplicando sobre la tarjeta un peso cada vez más grande, hasta que llegue un momento en que la fuerza hecha hacia abajo por dicho peso, contrarreste la fuerza que hace el agua de abajo arriba.

Fig. 41.

Un medio muy sencillo de empujar la tarjeta hacia abajo consiste en echar agua en el interior del tubo. Veamos cuánta agua es menester vertir para que el peso del agua contenida en el tubo empuje la tarjeta para abajo con la misma fuerza con que el agua que se encuentra debajo de la tarjeta empuja á ésta hacia arriba. En ese momento la tarjeta dejará de apretar el tubo y caerá al fondo de la vasija.

¿Hasta qué altura hemos tenido que verter agua en el tubo?

Comenzamos ahora á comprender por qué sentimos cierto empuje en nuestra mano cuando la introducimos en el agua, como si entonces la mano hubiera disminuído de peso.

Muchos niños creen que cuando un cuerpo se introduce en el agua, pesa realmente menos. Para que esto sucediese, la Tierra debería disminuir la atracción que ejerce sobre un

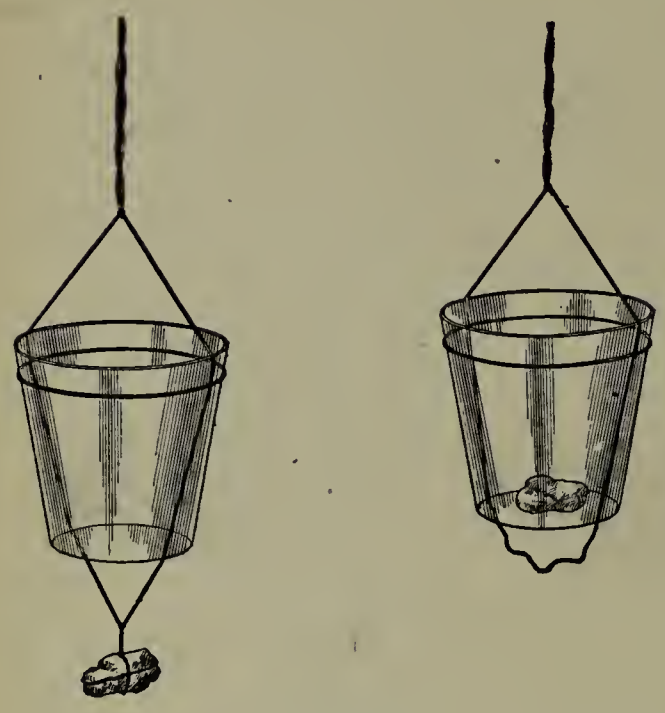


Fig. 42.

cuerpo, desde el instante en que éste se introduce en un líquido. El experimento siguiente nos va á permitir decir si es cierta ó no esta suposición.

Experimento 27.—Colguemos un vaso que contenga una cierta cantidad de agua (Fig. 42), de un elástico. Por debajo del vaso suspendamos una piedra ú otro objeto pesado. Hecho esto anotemos la altura exacta á que el vaso se halla suspendido, y echemos la piedra en el interior del vaso. Si es cierto que la piedra disminuye de peso ¿volverá el peso del vaso á estirar el elástico tanto como lo hizo antes? ¿Qué sucede?

Experimento 28.—Colguemos ahora la piedra del elástico y aproximemos el vaso por debajo hasta que la piedra quede cubierta de agua (Fig. 43). ¿Continúa la piedra estirando el elástico con la misma fuerza?

El peso de la piedra parece haber disminuído; pero el experimento anterior nos ha demostrado que aquél permanece invariable. El experimento que sigue nos va á explicar tal vez el por qué de esta aparente pérdida de peso.

Fig. 43.

Experimento 29.—Colguemos el vaso con agua, del elástico, y manteniendo

suspendida la piedra de nuestra mano (Fig. 44) introduzcámosla en el agua del vaso. ¿Se estira ó no el elástico que sostiene la copa?

Estos experimentos nos demuestran, pues, que al introducir un cuerpo sólido en el agua, éste recibe un empuje que le hace, aparentemente, disminuir de peso. Ahora es menester saber cuánto disminuye aparentemente de su peso un cuerpo sumergido en el agua.

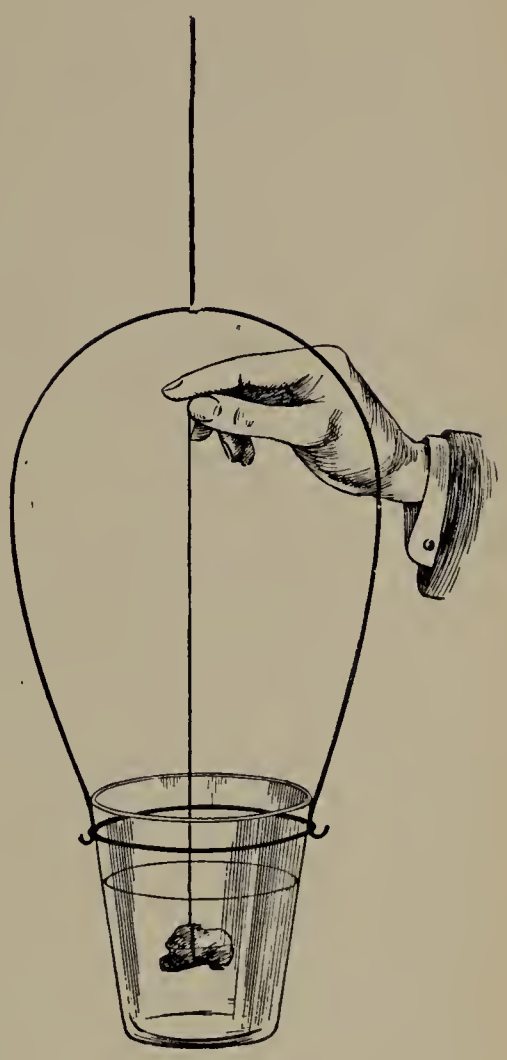


Fig. 44.

Experimento 30.—Para hacer este experimento, es menester que construyamos una especie de balanza, que haremos fácilmente con una varilla, A (Fig. 45), muy fina y liviana, de unos 70 ú 80 centímetros de largo, en un extremo de la cual fijaremos, con lacre, un palillo M, de unos diez centímetros de longitud, y de los extremos del cual penden dos hilos de coser que mantienen colgado un cucurucho de papel hecho del siguiente modo: dóblese en cuatro partes una hoja de cuaderno y désele la forma representada en C, asegurando los dobleces con alfileres. Este cucurucho debe estar bien hecho, pues en él vamos á verter agua. Todavía tenemos que agregar á este extremo de la

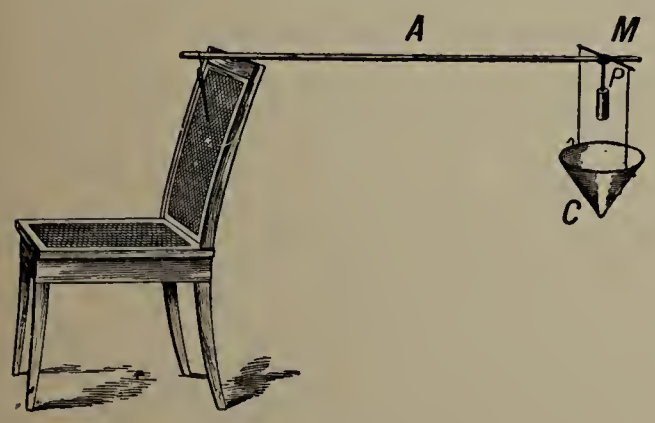


Fig. 45.

balanza los objetos que vamos á pesar, uno después de otro, y que serán dos cilindros iguales, uno de metal y el otro de madera. Pero ¿cómo obtendremos un cilindro de metal? Simplemente apilando bastantes monedas de dos centavos, que forman una columna de cinco ó seis centímetros de altura y atándolas luego con un hilo de coser. El cilindro de madera será fácil hacerlo con un mango de escoba, por ejemplo. Ya sabemos que los dos cilindros deben ser del mismo tamaño.

Nuestro objeto es saber cuánto parece disminuir de su peso un objeto cuando se introduce en el agua.

Fijemos el cilindro de madera en el extremo de la varilla A, por medio de un palito P que fijaremos allí con lacre.

Fijado ya el cilindro de madera, equilibremos la balanza apoyándola en una silla y atando el extremo con un elástico á la rejilla del respaldo. Tenemos ya equilibrado el trozo de madera.

Ahora llenemos de agua un vaso hasta que el líquido rebose por el borde. Llevemos con cuidado el vaso al aparato, é introduciéndolo por entre el trozo de madera y el cucurucho, hagamos penetrar en el líquido el trozo de madera, procurando que al derramarse el líquido desalojado, caiga sobre el cucurucho. Cuando el cilindro esté completamente sumergido ¿á qué será igual el bulto de agua que ha caído sobre el cucurucho? ¿Se mantiene horizontal la varilla? ¿Qué peso impide que el trozo de madera suba empujado por el agua? ¿Á qué es igual la fuerza que hace para abajo el agua contenida en el cucurucho?

Experimento 31.—Reemplacemos el cilindro de madera por el de cobre. Colgaremos éste del extremo de la varilla, por medio de un hilo. Repitamos el experimento anterior, después de haber equilibrado la varilla.

¿Á qué es igual la fuerza que hace para abajo el agua del cucurucho?

¿Cuánto parecía perder de su peso el cilindro de cobre?

¿Cuánto parecía perder de su peso el cilindro de madera?

Si los dos tenían el mismo volumen ó bulto, la pérdida aparente de peso ¿fué igual ó diferente en ambos casos?

Así, pues, este experimento nos demuestra que los cuerpos sumergidos en el agua, pierden de su peso un peso igual al del agua que desalojan.

DE CÓMO PUEDE DETERMINARSE LA SUSTANCIA DE QUE ESTÁ FORMADO UN CUERPO, INTRODUCIÉNDOLO EN EL AGUA

El experimento anterior nos muestra que dos cosas que tienen el mismo bulto (en adelante no diremos *bulto* sino *volumen*) pierden aparentemente el mismo peso cuando se introducen en el agua.

Pero sabemos ya que el mismo volumen constituído por diferentes materias no tiene el mismo peso. Por ejemplo, una bola de madera no tiene el mismo peso que una bola de yeso del mismo tamaño, y ésta no pesa lo mismo que una bola igual de aluminio, de hierro ó de plomo. Sin embargo, todas estas bolas, al ser echadas al agua ¿perderían aparentemente el mismo peso, ó no?

Suponiendo que el peso en apariencia perdido fuese, por ejemplo, de 10 gramos, y que el peso de los objetos mencionados fuesen los siguientes:

Bola de madera	5	gramos
" " yeso	20	"
" " aluminio	30	"
" " hierro	40	"
" " plomo	50	"

Podríamos decir:

Al introducirse en el agua, la pérdida aparente de peso para el yeso, el aluminio, el hierro y el plomo es la siguiente:

El yeso	pierde	aparentemente	la mitad	de	su	peso	
" aluminio	pierde	"	el tercio	"	"	"	
" hierro	"	"	" cuarto	"	"	"	
" plomo	"	"	" quinto	"	"	"	

(Estas cantidades son imaginarias, y sólo sirven para hacer más clara la explicación.)

Así, pues, si nos dieran un objeto rogándonos que averiguásemos si la sustancia de que estaba compuesta era hierro ó plomo, ¿cómo podríamos averiguarlo?

Pidan al maestro ó á algún condiscípulo que refieran la historia de Arquímedes, el sabio de Siracusa, que salió del baño gritando: "¡Eureka! ¡Eureka!"

CUERPOS QUE FLOTAN. APLICACIONES

La suposición que hicimos de las bolas de diferentes materias, nos permite explicar por qué flota la madera.

El experimento del cucurucho nos permite comprender que el peso aparentemente perdido por el cilindro de madera es mayor que su propio peso. Por lo tanto, cuando se introduce en el agua un objeto de madera, la fuerza con que el agua empuja hacia arriba es . . . que la fuerza con que la madera empuja hacia abajo.

Como los objetos que flotan en el agua resisten á veces pesos considerables sin hundirse, se ha aprovechado esta particularidad en la fabricación de salvavidas, hechos con vejigas ó sacos llenos de aire. Los muchachos que quieren aprender á nadar, usan con frecuencia dos vejigas llenas de

aire, unidas por una cuerda sobre la cual se sostienen en el agua pasando aquélla por debajo de los brazos.

La Fig. 46 muestra la manera de impedir que se ahoguen los pollos que se acercan á beber el agua del corral. Poniendo una tabla de modo que flote por un extremo en el agua contenida en un cajón, los pollitos pueden caminar sobre ella y llegar al agua misma, sin que haya nunca profundidad bastante para que se ahoguen. La tabla va descendiendo á medida que el agua se consume, lo que permite utilizar la mayor parte del líquido.

Fig. 46.

PESO DE LOS LÍQUIDOS

Experimento 32.—Repitamos los experimentos 28 y 30, usando, en vez de agua, alcohol, petróleo, aceite ó cualquier otro líquido de que dispongamos.

Búsquese alguna sustancia que flote en el agua pero que se hunda en el alcohol. ¿Cómo explicamos esto?

Ya sabemos que no todos los cuerpos sólidos pesan lo mismo. Vamos á determinar si pasa igual cosa con los líquidos.

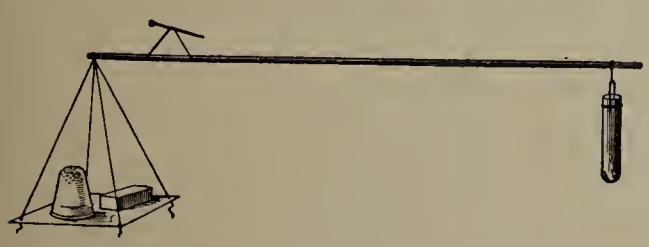


Fig. 47.

Experimento 33.—Elijamos una varilla delgada de madera, semejante á la que usamos en el experimento 30. Como á diez centímetros de uno de los extremos, adaptémosle una pequeña asa de alambre, de modo que la varilla pueda suspenderse por ella (Fig. 47). En la extremidad más próxima á esta asa, suspendamos un cartón ó una tablilla, donde

colocaremos objetos pesados á fin de mantener la varilla en equilibrio. De la otra extremidad colguemos un tubo de ensayo, al que habremos pegado por fuera una delgada tirilla de papel.

Llenemos completamente con petróleo el tubo de ensayo, y pongamos en el otro extremo de la varilla el peso suficiente para equilibrarlo. Conseguido esto, volquemos el petróleo y echemos alcohol en el tubo hasta que la varilla adquiera de nuevo la posición horizontal. ¿Hemos tenido que echar la misma cantidad? En caso contrario, marquemos en la tirilla de papel la altura alcanzada por el alcohol. Reemplacemos luego el alcohol por aceite. Pongamos en seguida agua en vez de aceite, y por último, echemos en el tubo de ensayo agua que se haya hervido previamente con bastante cantidad de sal.

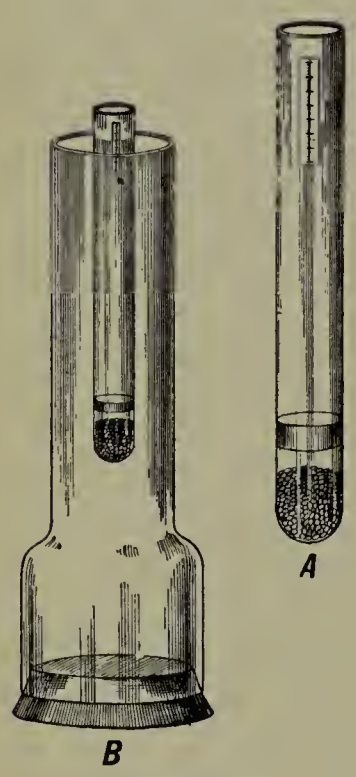


Fig. 48.

Á los líquidos más pesados llámelos V. *más densos*, y á los más ligeros *menos densos*.

Ordene V. los líquidos mencionados, comenzando por el más denso y terminando por el menos denso.

Experimento 34.—En un tubo de ensayo echemos algunas municiones ó tachuelas, cubriendo estos objetos con un tapón pequeño. Debemos echar un peso tal, que sumergido el tubo en el agua sobresalga de la superficie unos tres centímetros. En el interior del tubo de ensayo, peguemos una tirilla de papel dividida en espacios distantes entre sí un milímetro más ó menos. (En la Fig. 48, A muestra el tubo de ensayo con mayores detalles.)

Cerremos perfectamente con un tapón engrasado una de

las extremidades de un tubo de lámpara, B. Llenemos de agua este tubo, é introduzcamos en el líquido el tubo de ensayo. El agua contenida en el tubo de ensayo rebosa y se derrama por los costados. Cuando el tubo de ensayo permanezca inmóvil flotando sobre el agua contenida en el tubo de lámpara, observemos con qué división de la tirilla de papel coincide el nivel del agua.

Llenemos luego el tubo de lámpara con alcohol. ¿Dónde se detiene el tubo de ensayo?

Llenemos el tubo de lámpara con leche. ¿Dónde se detiene el tubo de ensayo?

Mezclemos partes iguales de leche y de agua, y llenemos con esa mezcla el tubo de lámpara. Sumerjamos luego el tubo de ensayo. ¿Dónde se detiene éste?

¿No es verdad que sería muy útil poseer un aparato como el que acabamos de construir, pero mucho más exacto, á fin de conocer cuándo la leche contiene agua? Existen, efectivamente, tan útiles instrumentos, á los que se da el empleo arriba dicho. Tales aparatos se llaman *areómetros*, y por medio de ellos se puede saber si los líquidos usados en la alimentación y en la industria son puros ó no.

V

ATRACCIÓN DE LA TIERRA SOBRE LOS GASES

PESO DEL AIRE

Haciendo experimentos con sólidos y con líquidos, hemos aprendido que éstos son atraídos por la Tierra.

¿Pesa el aire? ¿Creen Vds. que la Tierra atrae también al aire?

Es posible que Vds. piensen que el aire no pesa nada, puesto que no lo sentimos, y que los pájaros y los insectos más livianos lo atraviesan sin esfuerzo. Pero si reflexionamos un momento, veremos que una cosa semejante ocurre con el agua de los ríos y del mar. El agua es pesada, y de esto no nos cabe duda alguna, pues sabemos cuánto trabajo cuesta levantar una jarra ó un balde llenos de ese líquido. No obstante este considerable peso, los peces que viven en el mar no lo sienten. Corren, giran, se persiguen, quizá se divierten, ignorando que encima de ellos hay un enorme peso. Y entre dichos peces hay muchos seres pequeños, delicados, más delicados quizá que los mosquitos que viven en el aire.

Toda vez que el aire pesa, ¿no les parece á Vds. que el que hay arriba debe oprimir al que está debajo, exactamente como en una alta pila de lana, de colchones, de almohadas ó de esponjas, las que se hallan debajo se encuentrán comprimidas y reducidas de volumen, debido al peso que soportan? Si en una pila semejante se priva momentáneamente á las partes de abajo, de la presión de arriba, es evidente que aquéllas se

hinchan, se esponjan, como si dijéramos. El experimento siguiente nos va á demostrar que exactamente lo mismo sucede con el aire.

Experimento 35.—El aire se halla comprimido por su propio peso. Tomemos un tubo de ensayo y cubramos su boca con una membrana de goma. Introduzcámoslo en un tubo de lámpara, cuya extremidad mayor ha sido cerrada con un tapón engrasado. Colocando otro tapón, (pero atravesado por un tubo de vidrio), en la extremidad delgada del tubo de lámpara, aspiremos parte del aire contenido en éste. ¿Qué forma toma la goma que cubre la abertura del tubo de ensayo? ¿Por qué?

Experimento 36.—Cortemos una corona de papel secante de modo que el círculo interior sea más chico y el exterior más grande que la abertura mayor de un tubo de lámpara (Fig. 49). Cubramos esta extremidad del tubo con la tapa de una pava ó perol, colocando la corona de papel secante, previamente humedecida con agua, entre dicha tapa y el tubo de lámpara. Aspiremos el aire del tubo por su extremidad superior. La tapa de latón se adhiere con tanta fuerza, que podemos colgar del asa un libro ú otro objeto pesado.

Fig. 49.

EFECTOS DEL PESO DEL AIRE

Todos Vds. habrán absorbido agua por un tubo. Ninguno se habrá sorprendido de que el líquido aspirado suba por la bombilla ó por el tubo; pero quizás muy pocos de los que han hecho aquella operación podrían explicar por qué sube entonces el agua, en vez de quedar en el recipiente.

Ya sabemos todos que el aire pesa. Por lo tanto, el aire debe oprimir grandemente la superficie de todo líquido que se halle en contacto con la atmósfera. Así, pues, el aire que reposa sobre el agua y la oprime, puede ser comparado con una capa de aceite que reposase sobre el agua y la oprimiese.

Para comprender, pues, lo que produce el aire al oprimir la superficie del agua, observemos lo que ocurre con el aceite que oprime la superficie del agua.

Experimento 37.—En un tubo de lámpara cerrado perfectamente por un extremo con un tapón engrasado, echemos agua hasta la mitad, y sobre ella virtamos una cierta cantidad de aceite (5 ó 6 centímetros). Esta cantidad de aceite que pesa sobre el agua, va á representar desde ahora, en nuestros experimentos el aire que reposa sobre todos los líquidos. Introduzcamos en el tubo de lámpara, A (Fig. 50) un tubo de ensayo abierto por ambos extremos, y mantengámoslo allí con la mano.

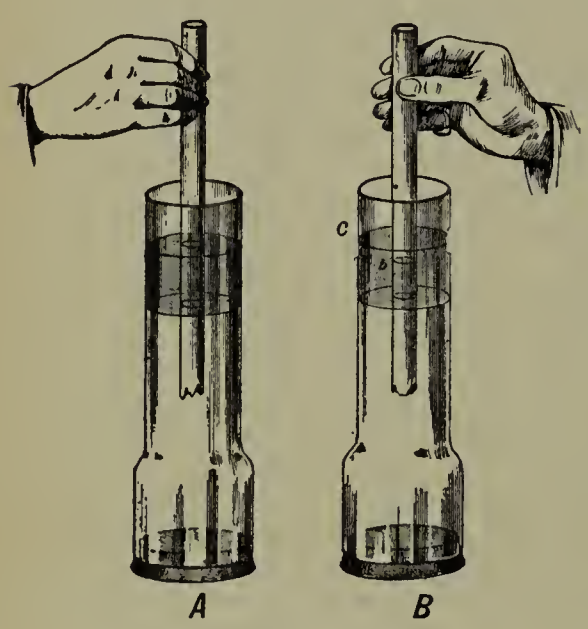


Fig. 50.

Observemos que el nivel del agua se halla en ambos tubos á la misma altura. Esto sucede evidentemente porque el aceite pesa igualmente sobre el agua, dentro y fuera del tubo de ensayo. Así pesa el aire sobre el agua cuando introducimos en ella un tubo abierto en ambos extremos.

Ahora saquemos el aceite que se halla dentro del tubo de ensayo, pero dejemos el que se encuentra alrededor de él, B. Para extraer el aceite podemos usar un tubito delgado ó una mecha de tela ó de papel secante. Cuando hayamos quitado

todo ó casi todo el aceite que pesaba sobre el agua dentro del tubo de ensayo, observemos el nivel del agua. ¿Es igual la altura de éste por fuera y por dentro del tubo de ensayo? ¿Está equilibrado como antes el peso del aceite que oprime el agua fuera del tubo de ensayo? ¿Qué es lo que ahora equilibra ese peso? ¿Por qué es menor la altura *b* del agua dentro del tubo de ensayo que la altura *c* del aceite fuera de él?

POR QUÉ SUBE EL AGUA CUANDO SE LA ASPIRA POR UN TUBO

Reflexionemos ahora sobre lo que hacemos cuando aspiramos por un tubo cuya extremidad está sumergida en el agua. Entonces quitamos poco á poco el aire contenido en el interior del tubo, de una manera semejante á lo que hicimos cuando quitamos poco á poco el aceite contenido en el tubo de ensayo. El aire continúa, sin embargo, oprimiendo el agua por fuera del tubo, del mismo modo que en el experimento anterior el aceite seguía ejerciendo su peso sobre la superficie del agua fuera del tubo de ensayo. Á consecuencia de esto ¿qué debe ocurrir?

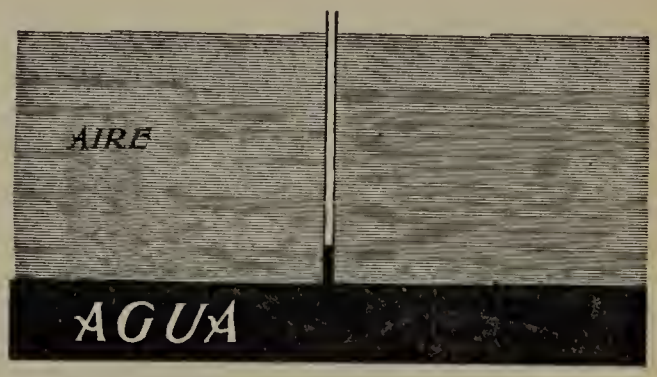


Fig. 51.

Fig. 52.

La altura del aire que pesa sobre la Tierra es muy considerable. Es de más de cuarenta kilómetros; es decir, de más de ocho leguas. ¿Qué resultaría si tuviéramos un tubo de la misma altura de la atmósfera como representado en la Fig. 51 y pusiéramos el

extremo inferior sumergido en el agua y luego extrajésemos el aire contenido en su interior?

¿Creen Vds. que el agua subiría hasta llegar á las ocho leguas de altura? Para responder, compárense las Figs. 51 y 52; considérese que en el experimento del aceite, el agua que subió por el tubo empujada por aquél, no llegó, sin embargo, al nivel del aceite, porque el agua es más pesada que el aceite. ¿No es el agua también más pesada que el aire?

Es lástima que no podamos hacer el experimento aspirando por un tubo de ocho leguas; pero la comparación con el aceite nos permite comprender que en ese caso el agua no podría ser aspirada á tanta altura.

Se explica también perfectamente que si en vez de aspirar agua por el tubo, se aspirase alcohol, que es más liviano que el agua, aquél subiría á mayor altura, y si usásemos mercurio ó azogue, este líquido, que es muy pesado, subiría á muy pequeña altura para equilibrar el peso del aire.

UN ACONTECIMIENTO INTERESANTE

Hemos aprendido que si se aspira el agua por un tubo, aquélla no puede subir por él á una altura igual á la de la atmósfera. Este hecho fué descubierto por casualidad de la manera siguiente:

Hace cerca de 300 años había en Florencia, ciudad de Italia, un profundo pozo situado en los jardines del duque, que era el señor de la ciudad. Queriendo éste ejecutar unas obras de riego utilizando el agua de aquel pozo, mandó construir unas bombas que tenían unos quince metros de altura, para aspirar el agua.

Cuando las bombas funcionaron, se notó con sorpresa, que el agua no subía por ellas sino hasta diez metros y treinta centímetros. Pareció sumamente raro que el agua de todas

las bombas se detuviese precisamente á esa altura, aun cuando las máquinas no cesasen de funcionar.

Se consultó este caso con el famoso Galileo, sabio que ya nos es conocido, y éste, aunque ya antes había descubierto que el aire es pesado, no supo entonces explicar cuál era la causa del fenómeno. Otro sabio llamado Torricelli encontró lo que Galileo no había podido hallar.

DESCUBRIMIENTO DE TORRICELLI

Torricelli sospechó que el hecho que se trataba de explicar tendría alguna relación con el peso del aire, el cual oprime la superficie de los líquidos que se encuentran en la Tierra. Torricelli pensó: "Si, según sospecho, el peso del aire hace subir el agua á diez metros y treinta centímetros, es claro que hará subir el mercurio, que es más pesado que el agua, á menor altura." Para saber si su reflexión era fundada, Torricelli preparó un tubo de vidrio de un metro de largo más ó menos y aspiró por él el mercurio contenido en una vasija. Con mucha alegría observó que la ascensión de ese metal se detenía

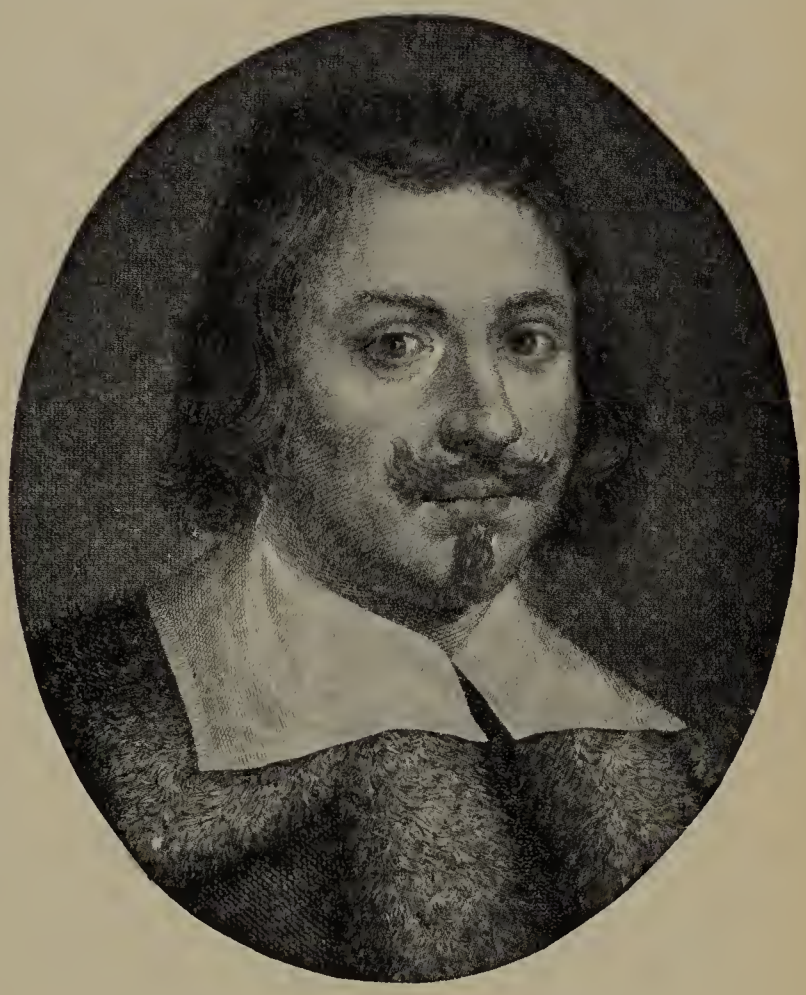


Fig. 53.—Torricelli.

al llegar á los 76 centímetros. Ahora bien, como 76 centímetros es una longitud 14 veces menor que 10 metros y 33 centímetros, Torricelli pensó que el agua debía ser 14 veces más liviana que el mercurio; lo que comprobó luego por medio de una balanza.

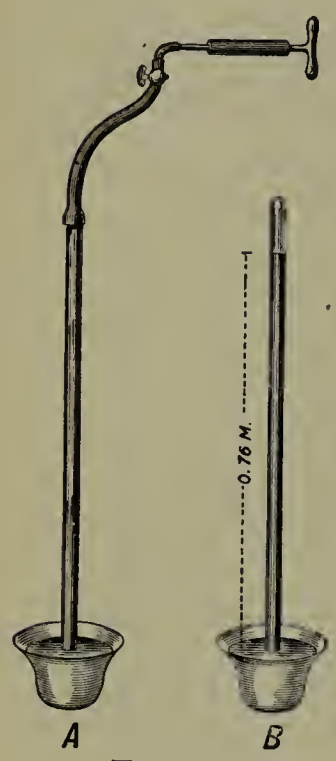


Fig. 54.

Los primeros experimentos los hizo Torricelli aspirando con una bomba unida á un tubo, el mercurio de una vasija, A (Fig. 54); pero luego pensó que esta operación podría simplificarse de la siguiente manera: tomó un tubo de vidrio de una longitud mayor de 76 centímetros, abierto en una extremidad y cerrado en la otra. Llenó este tubo de mercurio. Luego tapó con el dedo la extremidad abierta del tubo, invirtió éste y sumergió dicha extremidad en una vasija que contenía mercurio. Al retirar el dedo, el mercurio no continuó llenando el tubo, sino que bajó hasta que su nivel superior se detuvo á los 76 centímetros de altura, contados desde el mercurio de la vasija B. Como se ve, el experimento es más fácil de realizar de esta última manera. Para hacerlo en la escuela, se empleará medio kilo de mercurio y un tubo de la clase descrita.

¿Hay aire en el interior del tubo, encima del mercurio? ¿Qué peso soporta el mercurio en el interior del tubo? ¿Qué peso soporta el mercurio en la vasija?

DESCUBRIMIENTO DE PASCAL

Por el tiempo á que nos referimos vivía en Francia un famoso sabio llamado Pascal. Habiendo oído hablar de los experimentos hechos en Italia por Torricelli, Pascal los

repitió, usando tubos de diferentes dimensiones. "Si el peso del aire," decía Pascal, "obliga al mercurio á subir, es claro que poniendo todo el aparato en un sitio donde el aire pese

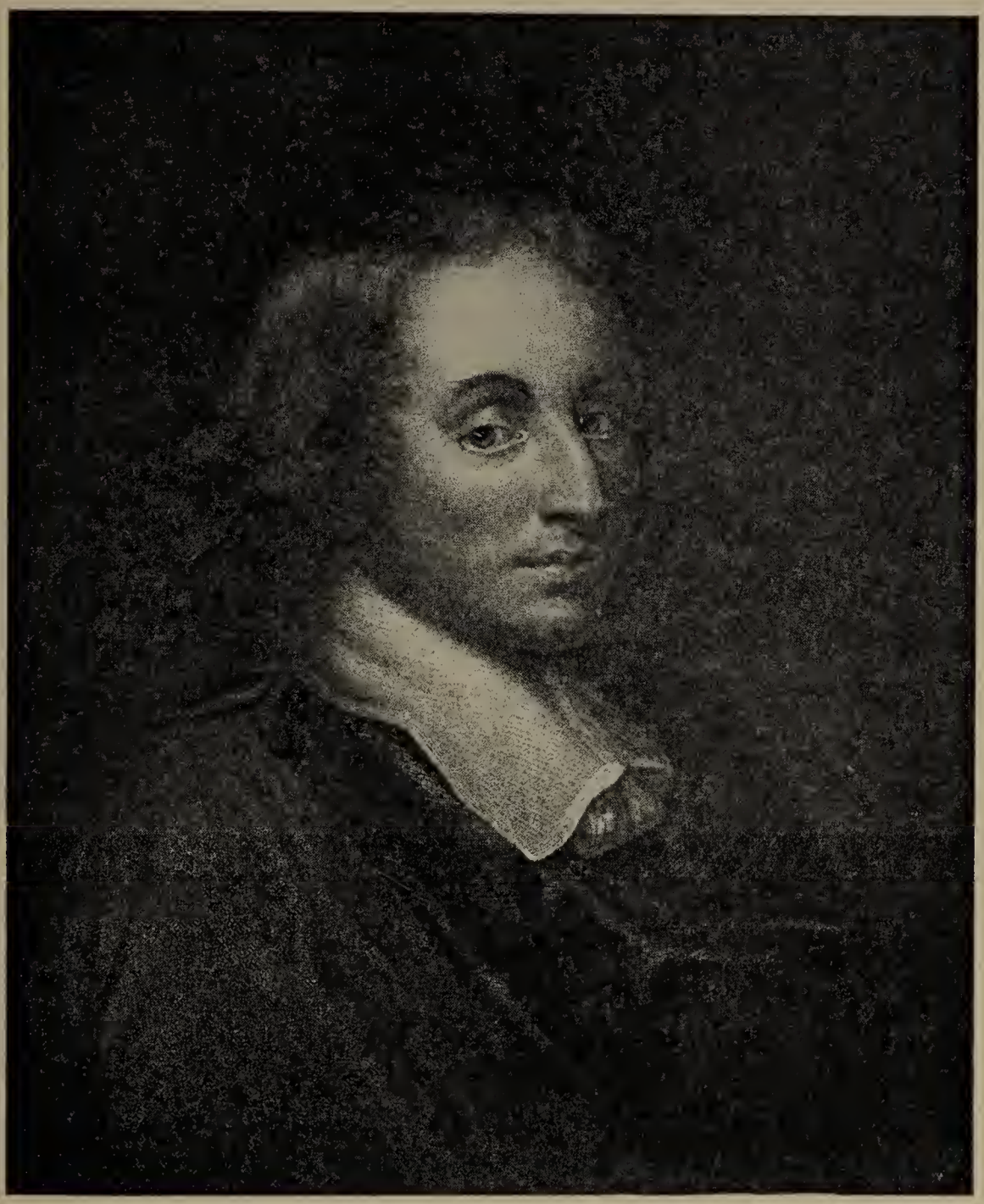


Fig. 55.—Pascal.

menos, el mercurio no podrá subir hasta los 76 centímetros, sino á una altura menor. Ahora bien ¿dónde pesa menos el aire? Probablemente en la cima de las montañas, pues á

esa altura el aire tiene que soportar un peso menor, de la misma manera que en una pila de lana la que está más arriba soporta menos peso. Así pues," pensó Pascal, "si se lleva el tubo de vidrio de la Fig. 54 á una montaña, el mercurio debe bajar gradualmente." Pascal había comunicado este proyecto á sus amigos, y éstos lo transmitieron á los sabios de Italia, Suecia, Polonia, Holanda, etc. Todos ellos estaban á la espera de este gran experimento; pero entre tantos sabios faltaban nuestros dos amigos, Torricelli y el anciano Galileo, que habían muerto ya.

El experimento se verificó en presencia de numerosas personas. Mientras el aparato ascendía por la montaña, la altura del mercurio en el tubo descendía más y más. Al llegar á la cúspide, el nivel del metal líquido había bajado ocho centímetros. En vista de un resultado tan satisfactorio, Pascal dedujo que un tubo preparado como lo muestra la Fig. 54 es un excelente instrumento para medir la altura de las montañas ó la elevación que alcanza un globo que sube en el aire. Desde entonces, en efecto, este aparato, que se llama *barómetro*, ha sido utilísimo para tales investigaciones.

Esta historia nos muestra cómo los descubrimientos se encadenan y perfeccionan. Galileo descubrió que el aire es pesado. Torricelli encontró que el peso del aire es la causa de la ascensión de los líquidos por un tubo de donde se ha extraído el aire. También descubr ó Torricelli que el líquido se detiene á la altura en que su peso contrabalancea el del aire fuera del tubo. Pero á Torricelli no se le ocurrió probar si la altura del líquido en el interior del tubo disminuye á medida que se asciende una montaña. Pascal hizo lo que Torricelli omitió; y, á consecuencia de ello, Pascal legó á la posteridad un instrumento utilísimo para la medida de las grandes alturas.

Experimento 38.—Si llenamos de agua una botella cerrada por un tapón á través del cual pase un tubo, y tratamos de aspirar el líquido por dicho tubo ¿sube el líquido? ¿Por qué? (Fig. 56.)

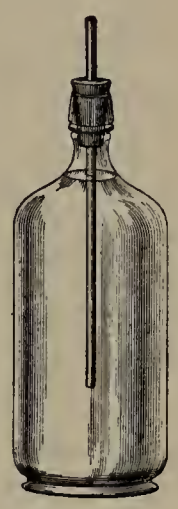


Fig. 56.

Experimento 39.—En una vasija con agua introduzcamos verticalmente un tubo de lámpara, y cuando éste se halle completamente sumergido, cubramos su extremidad superior con un cartón humedecido. Levantemos ahora el tubo, pero sin sacarlo completamente del agua. ¿Qué sucede? Hagamos un agujero en el cartón. ¿Qué pasa entonces? ¿Por qué? (Fig. 57.)

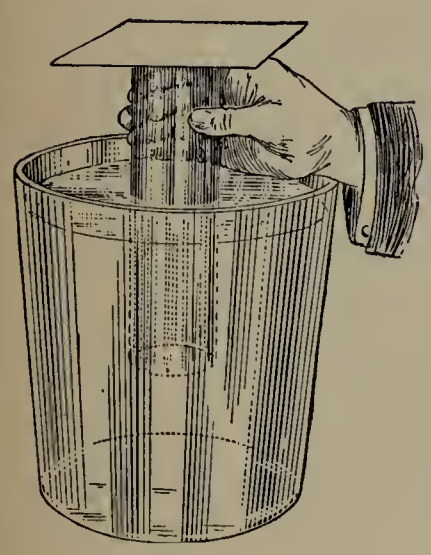


Fig. 57.

EL SIFÓN

Experimento 40.—Cerremos el extremo más ancho de un tubo de lámpara, con una membrana de goma que aseguraremos luego fuertemente en el borde del tubo. Llenemos éste de agua, y cerremos la extremidad menor con un corcho atravesado por un tubo de vidrio. Tomemos otro tubo de lámpara cuya extremidad delgada se encuentre también cerrada por un corcho atravesado por un tubo delgado. Pongamos en comunicación los dos tubos de lámpara mediante un tubo de goma lleno también de agua. Concluyamos de llenar de agua ambos tubos de lámpara ahora en comunicación. Hecho esto, introduzcamos en el agua el segundo tubo de lámpara por su extremidad ancha, y mantengamos á la mayor altura posible el tubo cerrado con la membrana (Fig. 58 A). ¿Qué sucede en la membrana? ¿Por qué? (Recordar el ex-

perimento anterior.) ¿Qué sucedería si se rompiese la membrana? ¿Qué cosa ejerce presión en la membrana?

Coloquemos ahora el tubo superior como lo indica la Fig. 58 B. ¿Continúa ejerciéndose allí una presión? ¿Por qué la membrana no se hincha en sentido contrario, bajo el peso del agua que contiene el tubo? ¿Qué sucedería si rompiésemos la membrana?

Y si manteniendo el aparato en la posición en que se halla, introducimos la extremidad cerrada con la membrana, dentro de otra vasija con agua, y mientras dicha extremidad está sumergida rompemos la membrana que la cubre, ¿qué ocurre? ¿Por qué? (Fig. 58 C.)

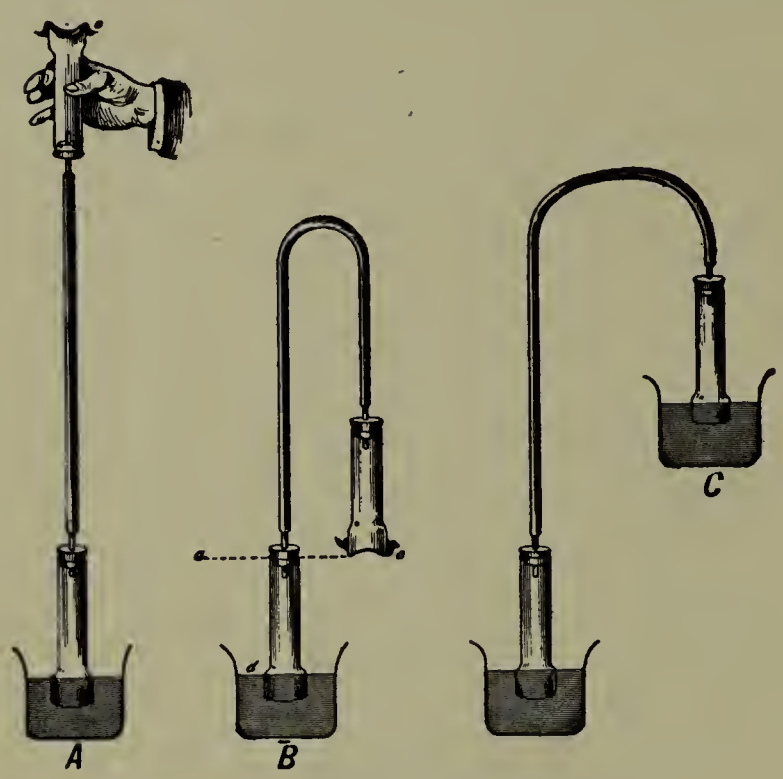


Fig. 58.

Cuando la vasija superior se halle casi vacía, bajémosla á la misma altura á que se halla la otra. ¿Qué sucede? Bajémosla más aún. ¿Qué pasa?

Acerca de esto se ha hecho un descubrimiento útil: hemos descubierto que los líquidos pueden cambiarse de vasija sin necesidad de mover los recipientes. Esto es muy útil cuando los recipientes son tan pesados que no podrían transportarse fácilmente. En la Fig. 59 Antonio y su mamá están pasando vino desde un tonel á varias botellas. La mamá aspira por un tubo que se une con el principal, mientras Antonio cierra con el dedo la extremidad inferior, para que cuando su mamá

Fig. 59.

aspire, el tubo vertical se llene de vino. Una vez lleno éste, Antonio retirará el dedo é introducirá el tubo en la botella que tiene en la otra mano.

Este aparato, que hemos aprendido á manejar, se llama *sifón.*

Experimento 41.—Unamos por medio de un tubo lleno de agua dos copas que contengan diferente cantidad de agua. ¿Qué ocurre? ¿Por qué? (Fig. 60.) Para que el líquido de un recipiente pase á otro, ¿deben hallarse los líquidos á igual ó á diferente nivel? ¿Qué pasa cuando el nivel en ambos recipientes es el mismo?

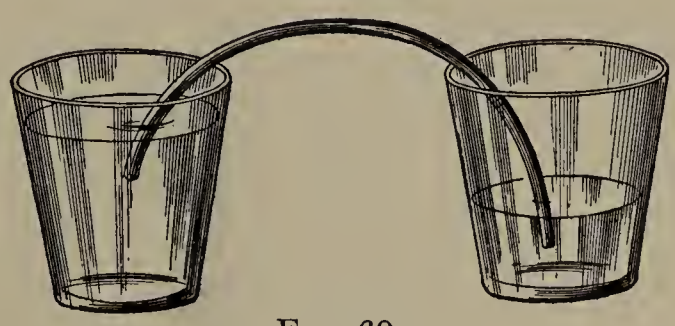


Fig. 60.

Fig. 61.

Experimento 42.—Cerremos el extremo de un tubo de lámpara, con un tapón provisto de un agujero, y pasemos por éste un tubo de vidrio encorvado, como lo muestra la Fig. 61. Echemos agua en este recipiente. ¿Qué sucede? ¿Por qué? ¿Qué aplicación podría tener un tubo semejante á éste en un depósito de agua? Muchas veces se forman conductos en el interior de las rocas. Suele suceder entonces que dichos conductos forman sifones naturales. La Fig. 62 representa una roca en cuyo interior existe un conducto que pone en comunicación con el exterior un hueco natural donde puede penetrar el agua de las lluvias. ¿Por qué el nivel de dichas aguas no puede pasar de la altura *a b*? ¿Qué sucederá en el otro extremo del conducto?

PESO DE LOS DIFERENTES GASES

Ya no nos cabe duda de que el aire pesa, es decir, que la Tierra atrae el aire. Como el aire es un gas, esto nos hace pensar que la Tierra no sólo atrae á los sólidos y á los líquidos sino también á los gases.

Pero ahora nos ocurre una duda: hemos visto que todos los sólidos no pesan lo mismo, y que tampoco los líquidos tienen el mismo peso. ¿No pasará igual cosa con los gases? Vamos á averiguarlo fabricando diversos gases é ideando al

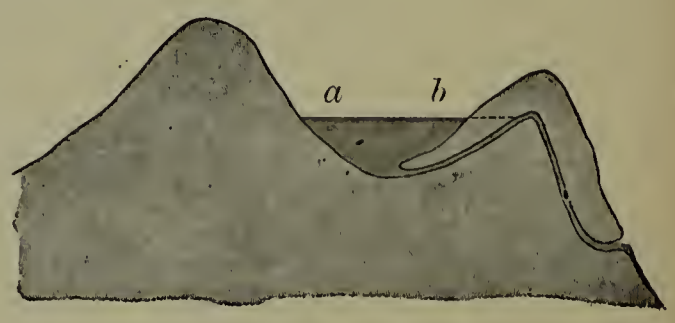


Fig. 62.

mismo tiempo la manera de descubrir si son más livianos ó más pesados que el aire.

UN GAS MÁS PESADO QUE EL AIRE

Experimento 43.—Construyamos un cajón de papel, empleando para ello un pliego de periódico, en el que cortaremos un cuadrado de cincuenta centímetros de lado. Sobre este cuadrado recortemos el patrón representado en la Fig. 63. Formemos con este papel una caja como la que se ve en la Fig. 64, que suspenderemos de la varilla de madera del modo que se indica en la figura. Como vemos, en la varilla hay un alfiler, S, que sirve para suspender en equilibrio el aparato colgándolo de un clavo ó de otro objeto apropiado. Preparemos esta balanza de modo que el menor soplo la haga oscilar.

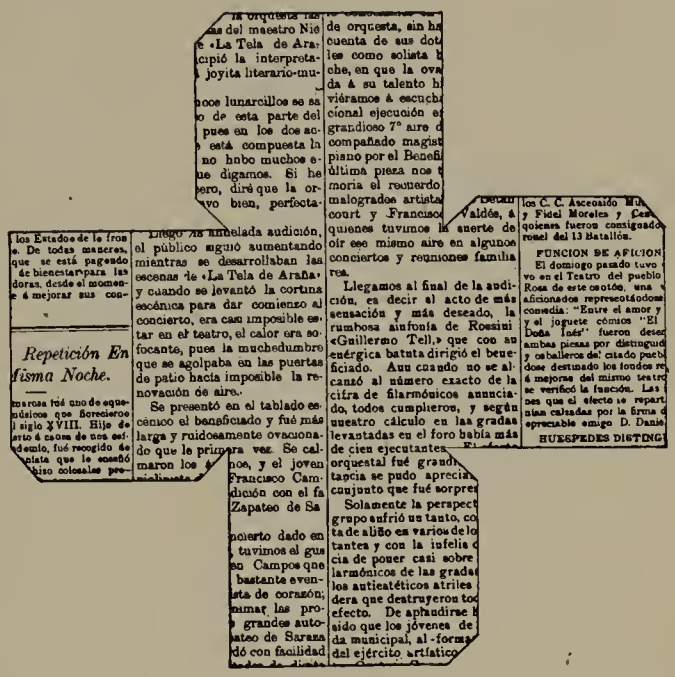


Fig. 63.

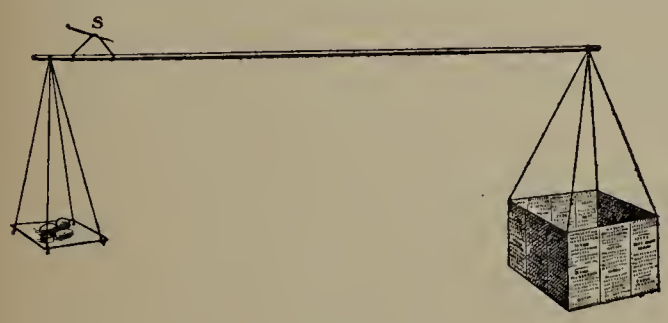


Fig. 64.

Necesitamos ahora una vasija ancha (una palangana ó fuente profunda), en la que echaremos agua hasta que ésta alcance la altura de unos cinco centímetros. Precisa luego un frasco grande, de 18 á 20 centímetros de altura, de los que se usan para guardar dulces ó frutas. Si carecemos de un frasco semejante, nos serviremos

de un tarro de latón de la misma capacidad. Llenemos este recipiente de agua, y una vez lleno, cubramos la boca con una tarjeta ó cartulina dura, apoyando la mano sobre ella para cerrar perfectamente la abertura. Luego invirtamos rápidamente el frasco, cuidando que el agua no se salga, y pongámoslo sobre la vasija ancha, retirando la tarjeta cuando la boca se haya introducido en el líquido de la palangana.

Luego nos proveeremos de otro frasco, también de boca ancha, cuyo tapón atravesaremos con un tubo de vidrio, al que irá unido un tubo de goma cuya extremidad haremos pasar bajo el frasco grande que está invertido en la vasija. En el frasco que hemos preparado últimamente pondremos algunos trozos de mármol. Sobre éstos echaremos un líquido llamado ácido clorhídrico. Necesitamos un cuarto de litro. Usaremos la mitad de esta cantidad en este experimento y el resto en el siguiente.

Tan pronto como el ácido clorhídrico toca el mármol, se produce una efervescencia muy intensa, que se debe á la formación de un gas. Hagamos pasar éste, á medida que se forma, por el tubo de goma, para que de allí pase al frasco que se encuentra invertido sobre la palangana (Fig. 65). Cuando toda el agua contenida en este frasco haya sido desalojada por el gas, cubramos nuevamente su boca con la tarjeta y de ese modo retiremos el frasco del agua é invirtámoslo luego sin permitir que el gas se escape.

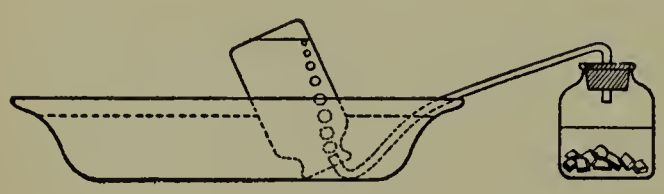


Fig. 65.

Tenemos lleno el frasco con un gas que es más pesado que el aire. Para asegurarnos de que es así, debemos volcar este gas sobre el cubo de papel que pende de la balanza. Para esto quitemos la tarjeta que cubre la boca del frasco, sequemos

éste por fuera é inclinémoslo sobre la caja de papel como si virtiésemos líquido en ella. En realidad vertemos el gas, y si hacemos esto sin que caiga ninguna gota de agua (que probablemente alguna habrá quedado en el frasco), ocurrirá una cosa que nos probará que el gas contenido en el frasco es más pesado que el aire. ¿Qué sucede?

UN GAS MÁS LIVIANO QUE EL AIRE

Experimento 44.—Ahora que conocemos un gas más pesado que el aire, busquemos otro más liviano.

El mismo ácido nos va á servir para prepararlo, pero en vez de echar mármol en la botella, debemos poner algunos clavos, tachuelas, llaves viejas ú otros objetos de hierro.

Recojamos el gas de la misma manera que lo hicimos en el experimento anterior.

Mientras el gas reemplaza el agua con que llenamos el frasco que se halla invertido sobre la vasija, desprendamos la caja de papel que está pendiente de la balanza, y volvámosla á suspender por los cuatro hilos, pero invertida, es decir, con la abertura hacia abajo y el fondo hacia arriba.

Una vez lleno de gas el frasco grande, saquémoslo del agua, cerrando con la tarjeta la abertura. *No pongamos luego su boca hacia arriba* como lo hicimos en el experimento anterior, porque el gas encerrado, siendo más ligero que el aire, se escaparía fácilmente de la botella. Mantengamos el frasco siempre con la boca para abajo, debajo de la caja de papel, lo más cerca posible de ella. Quitemos luego la tarjeta que cubre la boca del frasco y volvamos éste rápidamente para que el gas se escape, suba y llene la caja de papel. ¿Qué sucede?

Experimento 45.—En las escuelas que dispongan de gas de alumbrado puede hacerse un experimento muy entretenido.

Póngase en comunicación el pico del gas con un tubo de goma en cuyo extremo adaptaremos otro de vidrio. Tomemos una pequeña cantidad de jabón de España, ó mejor, del que se usa para afeitar. Hagamos una disolución de este jabón en una corta cantidad de agua. La solución debe hacerse de tal modo, que sea fácil formar burbujas ó pompas. Preparado el líquido, introduzcamos en él el extremo del tubo de vidrio y hagamos pasar el gas. Las hermosas pompas de jabón que se forman en el extremo del tubo se separan de éste y ascienden en el aire. ¿Por qué?

Este experimento trae á nuestra memoria el recuerdo de los globos aerostáticos, y comprendemos que las pompas de jabón que hemos llenado de gas y que suben ufanas hasta el techo, son muy semejantes á tales globos, y que como ellos llevan también su carga, representada por una gotita de agua que á veces queda suspendida debajo de la pompa de jabón.

Los globos aerostáticos, en efecto, son como unas grandes pompas de jabón; pero fabricadas de tela muy liviana é impermeable, para impedir que se escape el gas que se halla en el interior. El gas con que se llenan los globos aerostáticos es el que nosotros preparamos con ácido clorhídrico y hierro. Cuando éste es puro, pueden llenarse pompas de jabón con él, haciendo así el experimento que nosotros hemos hecho con gas de alumbrado; pero es de temer que el que nosotros preparamos en el experimento anterior no tenga suficiente fuerza para levantar pompas. Empero podemos ensayar el experimento, sobre todo si carecemos de gas de alumbrado. Los globos aerostáticos suelen tener dimensiones enormes, siendo á veces tan grandes como doscientas de nuestras habitaciones reunidas. Globos de menores dimensiones se usan á veces para elevar personas en el aire, proporcionándoles un paseo

interesante. La Fig. 66 representa una de estas ascensiones. Observen el globo que se levanta airosamente, llevando en la barquilla muchas personas. En la figura se ven también otros globos.

Fig. 66.

No se usan los globos solamente para efectuar viajes de placer, sino también para estudiar el aire á grandes alturas, observar las nubes, ver cómo se forma la lluvia, el granizo y la nieve, y hacer otras observaciones interesantes y útiles.

Y ahora que sabemos lo que es un globo, ¿podremos decir por qué se eleva en el aire? Sabemos que el aire pesa, y no ignoramos tampoco que hay gases más pesados ó más livianos que el aire, siendo de estos últimos el que llena los globos aerostáticos. Recordemos que el aire viene á ser una cosa semejante á un océano gaseoso, en cuyo fondo vivimos. Esta comparación nos va á ayudar á comprender muy claramente por qué suben los globos.

LOS GASES MÁS LIVIANOS QUE EL AIRE COMPARADOS CON LAS SUSTANCIAS MÁS LIVIANAS QUE EL AGUA

Habrán notado ya, sin duda, que la ascensión de un globo en el aire se asemeja mucho á la ascensión de la madera, del corcho, de una vejiga, etc., en el agua. Recuerden que hay sustancias que aunque ascienden en el agua, no suben de la

misma manera en el alcohol, pues este líquido es más . . . que el agua. Así, si el aire fuera tan liviano como el gas que llena los globos aerostáticos, éstos naturalmente no podrían ascender en él.

La ascensión de los globos y pompas se debe, pues, al peso del aire, y como dicho peso proviene de la atracción de la Tierra, tenemos que la ascensión de aquellos objetos es una prueba más de la atracción de la Tierra y un nuevo fenómeno producido por dicha fuerza.

LAS NUBES Y LA LLUVIA

Es también debido á la atracción que ejerce la Tierra sobre la atmósfera, que el vapor que se levanta del agua que hierve, asciende en el aire. Lo mismo ocurre con el leve vapor invisible que se levanta de los charcos, ríos ó mares calentados por el sol. Cuando este vapor, que constituye luego las nubes, se enfría y vuelve de nuevo á la Tierra en forma de agua, ¿qué fuerza es la que obliga á las gotas líquidas á caer?

Así, si la atracción de la Tierra es la causa de la ascensión de los vapores en el espacio, es también esa fuerza la que los devuelve á la Tierra en forma de líquido.

VI

INCONVENIENTES DE LA ATRACCIÓN DE LA TIERRA

Si bien es cierto que la atracción de la Tierra nos presta los beneficios que sabemos (enumérense algunos), también es verdad que es causa de grandes inconvenientes.

Si quiero ir de México á Guadalajara, ó de Buenos Aires á Santiago de Chile en una hora, la atracción de la Tierra no me permite andar con tanta rapidez. Si intento saltar entre dos serranías, la atracción de la Tierra también me lo impide; y si para lograrlo quiero echar un puente de hierro entre ambas, tampoco me permite mover fácilmente los pesados tirantes de hierro.

Reflexionando sobre todos los ejemplos que nos ofrece el transporte terrestre, marítimo ó fluvial, así como todas las circunstancias en que es menester levantar del suelo objetos pesados, encontraremos que la atracción de la Tierra es, en todos esos casos, una fuerza con que es necesario luchar y á la que es preciso vencer para que el transporte de una cosa cualquiera sea posible.

MÁQUINAS PARA VENCER LA ATRACCIÓN DE LA TIERRA

UNA AVENTURA INSTRUCTIVA

No lejos del lugar donde los albañiles acababan de cavar un profundo pozo, hallábase otro que aquéllos habían dejado sin terminar mucho tiempo hacía, y cuya entrada disimulaban unas ramas de zarza.

Una tarde jugaban por allí cerca Osvaldo y Albertito, los

cuales, entretenidos y confiados, no habían reparado en la existencia del peligro, no obstante estar aún en pie el viejo arco de madera con su roída roldana, y conservarse todavía parte del antiguo brocal.

De pronto, Albertito, que era el mayor de ambos, habiéndose acercado demasiado al borde del pozo, dió un traspiés y lanzando un grito, desapareció por la abertura.

Al sentirse el niño caer, trató de asirse á las plantas que cubrían el interior del pozo; pero la caída era tan violenta, que el peso de su cuerpo quebraba las ramas que hallaba á su paso. El golpe habría sido terrible si la casualidad no hubiera dispuesto que, cerca del fondo del pozo, un arbusto más corpulento que los demás, ocupase con su copa casi todo el espacio limitado por el muro. El cuerpo de Albertito cayó, pues, sobre esta especie de muelle elástico, y la velocidad de la caída fué de tal suerte moderada.

Pasada la primera impresión de dolor, Albertito se puso á gritar:

—¡Osvaldo! ¡Osvaldo!

—¡Aquí estoy!—respondió desde arriba el compañero.—¿Te has lastimado?

—Un poco,—dijo Alberto desde abajo.—Pero, no importa; quiero salir. ¿Cómo salgo?

El pobre Osvaldo miró á su alrededor, como si interrogase cada objeto que veía. Hallábanse lejos de la población, y exceptuando uno que otro árbol solitario, no se veía más que el nuevo pozo con su cuerda y su balde, y algunas tablas y ladrillos amontonados.

Entristecido, aproximóse á la boca del pozo y gritó:

—En el otro pozo hay una soga; pero yo no tengo fuerza suficiente para levantarte. Tal vez podremos colgar la soga, y tú treparás apoyándote con los pies en los paredes.

—¡Oh, imposible!—dijo el infortunado niño desde abajo con voz plañidera.—No puedo mover un brazo. Probemos con la cuerda y la roldana. Tal vez me puedas subir.

Osvaldo se dirigió al otro pozo, quitó la cuerda y la pasó por la roldana del que servía de prisión á nuestro amigo. Hecho esto, introdujo en la abertura uno de los cabos de la soga. Pocos instantes después, se oyó la voz de Albertito que decía:

—Ya tengo la punta de la soga. Voy á atármela por debajo de los brazos.—Y después de un rato agregó:—Ya está. Puedes tirar.

Armándose de toda la fuerza de que era capaz, Osvaldo tiró de la soga con ambas manos. Este primer movimiento levantó algo el peso de Albertito, y tan buen resultado dióle ánimo para proseguir; mas cuando el buen Osvaldo soltó una mano para tirar de nuevo, no fué ya capaz de sostener el peso de Albertito, y la soga se deslizó de entre sus manos, haciendo descender al infortunado prisionero.

—¿Qué sucede, Osvaldo?—preguntó desde abajo.

—No puedo, no puedo,—respondió lleno de congoja.

El cuitado Alberto no replicó. Tal vez pensaba el infeliz que su mala suerte lo condenaba á pasar la noche en aquella cueva. Pero en aquel momento oyó gritar á su amiguito:

—¡Espera, Alberto, ahí viene un caballero!

La persona que se aproximaba era un anciano de barba blanca, encorvado y seco de carnes, que se apoyaba en un grueso bastón.

—¿Qué haces aquí, hijo?—preguntó con voz temblorosa.

Osvaldo refirió al recién llegado el percance ocurrido.

—¡Si V. me ayudase!—dijo mientras sostenía la soga con ambas manos.

—Imposible, hijo mío,—replicó el anciano.—Los años no

me permiten hacer un esfuerzo tan considerable. Pero creo, —agregó, riendo maliciosamente,—que tú solo puedes sacar á tu amigo del pozo.

—¡Oh, no, no!—dijo Osvaldo con desconsuelo.—Ya he probado de todas maneras. ¿No ve V.? ¡No tengo, no tengo fuerzas!

—Ven acá,—dijo entonces el anciano.—Si Albertito estuviera cortado en dos partes ¿no podrías sacar primero una y luego otra? Pues bien: sin necesidad de cortar el cuerpo de tu amiguito, vas, sin embargo, á levantarlo, haciendo el esfuerzo que sería menester para subir hasta la boca del pozo sus dos mitades, una después de la otra, si se hallase partido en dos.

Por indicación del buen viejo, Osvaldo se aproximó al pozo, y pidiendo á Albertito que desatase la soga, la recogió completamente. Luego se dirigió al pozo contiguo, quitó la roldana que pendía del arco, y pasando por ella el extremo de la soga recogida (extremo que conservó en la mano), fué haciendo descender poco á poco la roldana nueva en el pozo. Al mismo tiempo gritó, dirigiendo la voz hacia abajo:

—Allá va la roldana que estaba en el pozo nuevo.

Cuando la roldana llegó al fondo, Osvaldo, siguiendo siempre las indicaciones del anciano, ató el extremo de la soga que tenía en la mano, al gancho inferior de la roldana que se hallaba sobre su cabeza.

Después de esto, como el anciano viese un trozo de alambre en el suelo, lo arrojó al pozo gritando al mismo tiempo á Albertito:

—Rodea tu cuerpo con este alambre y engánchalo de la parte inferior de la roldana que tienes ahí.

Albertito respondió que así lo haría; y cuando todo estuvo en orden, el anciano dijo á Osvaldo:

—Ahora tira de la soga.

—¡Pero estamos en la misma de antes!—replicó el niño con desaliento.—Es la misma cuerda, el mismo peso, la misma fuerza. Hasta es mayor el peso, pues ahora la otra roldana está abajo. Yo no puedo sacar fuerzas de la nada.

El anciano se sonrió nuevamente, y animado por ese gesto, Osvaldo, cuya curiosidad se había despertado, no quiso por otra parte omitir esfuerzo alguno en obsequio de su amigo.

Tiró, pues, de la soga, y ¡cuál no sería su sorpresa al notar que el peso parecía entonces disminuído!

—¡Es cierto! —exclamó.— ¡Qué liviano parece! ¡Es maravilloso! ¡Oh, qué suerte, qué felicidad que haya V. venido!

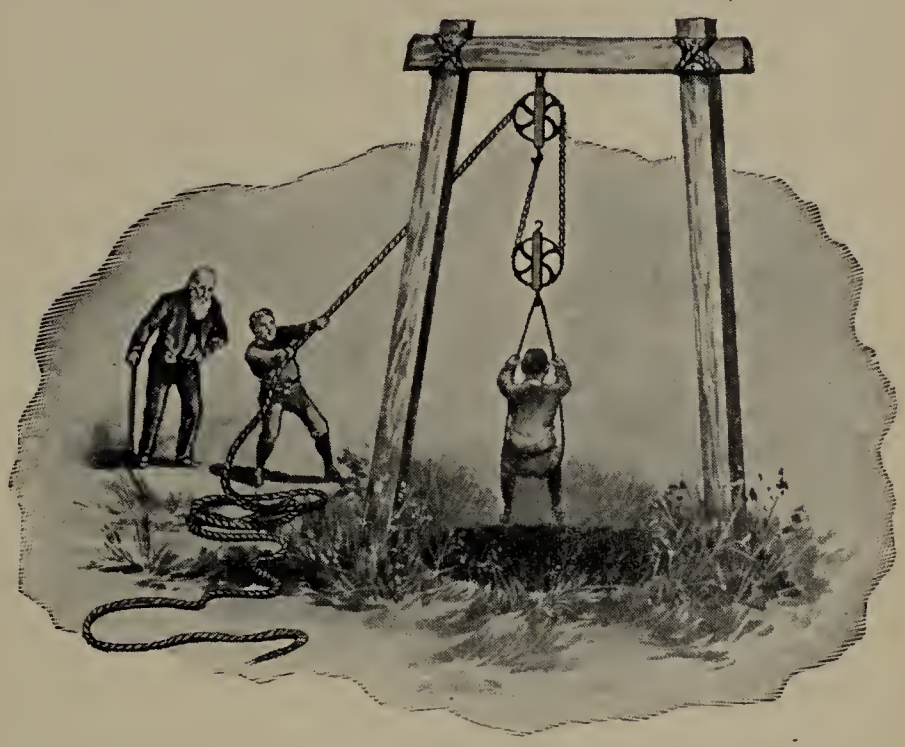


Fig. 67.

Mientras tanto, Osvaldo recogía la soga febrilmente, aunque Albertito no aparecía.

—¿Ves tú?—dijo el viejo entonces. Ahora tienes que recoger una extensión de soga igual al doble de la profundidad del pozo. Por lo tanto, tienes que trabajar doble tiempo, y mover los brazos doble número de veces que cuando se recoge una soga sencilla. Pero, en cambio, el peso que levantas parece reducido á la mitad. Es decir, mueves las manos y recoges tanta soga como sería necesario para levantar el

peso de tu amigo si éste se hallase cortado en dos partes y subieses primero una mitad y luego la otra.

Á este punto, el ruido de ramas agitadas se hizo distinto; y un instante después apareció Albertito radiante de alegría.

Osvaldo, que había quedado pensativo, exclamó luego:

—No comprendo cómo usando la misma cuerda y la misma fuerza, he sido capaz de conseguir lo que antes me fué imposible realizar.

Aquí termina nuestro cuento; pero lo que Albertito y Osvaldo desean saber, lo vamos á averiguar también nosotros por medio de experimentos.

DIFERENTES MANERAS DE HACER UNA MISMA FUERZA

Experimento 46.—Clávense diez clavos en la pared, de modo que queden en una línea vertical, y separados 10 centímetros uno de otro. El clavo más bajo debe quedar á 10 centímetros del suelo.

Tómese una pesa de un kilo, ú otro objeto que la reemplace, y deposítese en el suelo, debajo del primer clavo.

Diez alumnos de la clase van á subir esta pesa desde el suelo hasta el décimo clavo. (La pesa debe estar arreglada de modo que se pueda colgar de los clavos.) Comienza Raúl y la cuelga en el primer clavo; Julio la saca de allí y la cuelga en el segundo; Alfredo en el tercero, y así sucesivamente, hasta que el último muchacho la cuelga á un metro del suelo.

El trabajo hecho es, pues:

Cada muchacho levantó un kilo á . . . centímetros.

Resultado del trabajo de todos:

Se levantó un kilogramo á . . . metro.

Ahora recortemos en un cartón un círculo del tamaño de un plato grande. Marquemos diez puntos equidistantes

en el borde de este cartón, y haciendo un agujero en cada punto, atemos en ellos diez hilos de unos cuarenta centímetros de largo.

Pongamos el plato de cartón en el suelo y en aquél diez pesas de un kilo. Ahora los mismos niños que hicieron el ejercicio anterior tomarán los extremos de los diez hilos. Al levantar, tirando cada alumno de un hilo, el peso de los diez kilogramos ¿cuánto peso levanta en realidad cada uno?

Fig. 68.

Bien comprendido este punto, levanten todos á un tiempo el plato hasta la altura de *diez centímetros*.

El trabajo hecho es, pues:

Trabajo de cada muchacho:

Cada muchacho levantó un kilo á . . . centímetros.

Resultado del trabajo de todos:

Se levantó un peso de . . . kilogramos á . . . centímetros.

Véase si el trabajo hecho por cada muchacho en ambos ejercicios es el mismo ó no.

Siendo así, la fuerza necesaria para levantar un kilo á un metro, ¿es igual ó no á la fuerza necesaria para levantar diez kilos á diez centímetros?

¿Cuántas veces es diez centímetros menor que un metro?

¿Cuántas veces es diez kilos mayor que un kilo?

Luego la fuerza necesaria para levantar un kilogramo

á un metro de altura, es igual á la fuerza necesaria para levantar un peso diez veces mayor á una altura . . . veces menor.

LAS PALANCAS. SUS APLICACIONES

Experimento 47.—Preparemos diez bolsas de un tamaño variable tal, que llenas de arena pesen de 1 á 10 kilogramos. Es decir, que la más pequeña pesará un kilogramo, la siguiente dos, la tercera tres, etc.

Tomemos dos varillas de madera de un metro de largo, dos centímetros y medio de ancho y uno de espesor. Fijemos

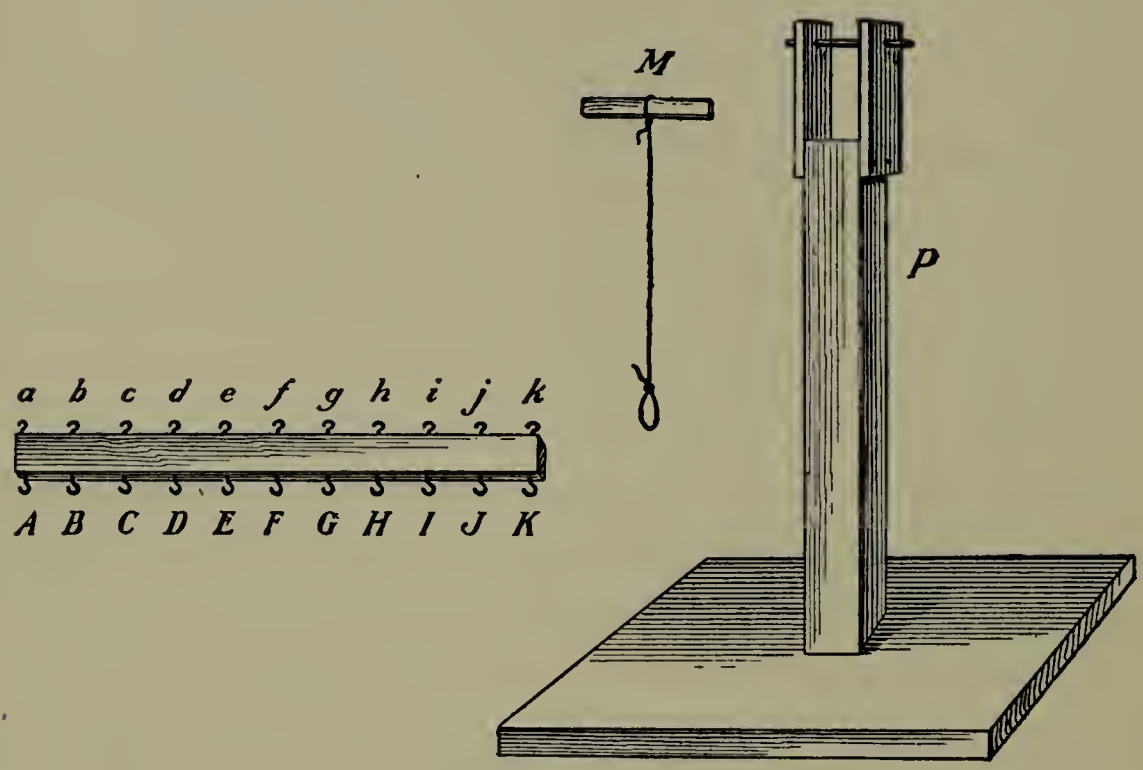


Fig. 69.

en cada una veintidós ganchos como lo muestra la Fig. 69. Si no tenemos ganchos, algunos alambres que envuelvan la varilla pueden reemplazarlos. Los ganchos deben estar colocados de tal modo, que las reglas se mantengan en equilibrio cuando se las cuelgue del gancho *f* de cada una.

Para sostener estas varillas, nos serviremos de dos soportes

tales como el modelo representado en P, el cual lleva en la parte superior un clavo atravesado entre dos tablillas. Debemos hacer también dos manijas, para lo cual nos serviremos de dos trozos cualesquiera de madera y de un hilo atado en la parte media de cada trozo, como se ve en M. Las dos varillas, así como los dos mangos, deben tener aproximadamente el mismo peso.

Coloquemos las dos varillas de modo que se apoyen en los clavos horizontales de los respectivos soportes, por medio de los ganchos *a*. (No olvidemos que nuestro experimento requiere dos soportes, dos varillas y dos manijas.) Sostengamos las varillas aplicando las manijas á los ganchos superiores *k*, y tengamos una manija en cada mano, procurando que las varillas permanezcan en posición horizontal.

Hecho esto, colguemos del gancho inferior, K, de una de las varillas, la bolsa de un kilogramo. ¿De qué gancho hay que colgar la bolsa de 10 kilogramos en la otra varilla para que su peso parezca ser igual al de la bolsa de 1 kilogramo que cuelga de la primera varilla?

Haciendo movimientos iguales de abajo arriba con ambas manos, ¿cuánto sube la bolsa de 10 kilogramos mientras levantamos la de 1 kilogramo á 10 centímetros de altura?

¿Dónde hay que colgar la bolsa de 5 kilogramos en la segunda varilla, para que su peso parezca ser igual al de la bolsa de 1 kilogramo que cuelga de la primera varilla?

Un condiscípulo medirá las distancias que hay entre el punto donde se apoya la varilla en el soporte y los ganchos de donde penden las bolsas. ¿Cuál es la distancia mayor? ¿Cuántas veces?

Experimento 48.—Ensartemos el gancho A de cada varilla en los clavos de los dos soportes y apliquemos los mangos M en los ganchos *f*. Tomemos un mango en cada mano. Sus-

pendamos la bolsa de dos kilos del gancho inferior F, de una de las varillas. ¿Dónde habrá que poner la bolsa de 1 kilogramo en la otra varilla, para que su peso parezca ser el mismo? ¿Por qué?

Háganse otros ejercicios ideados en la clase.

Experimento 49.—Cuélguese una varilla por el gancho *f* del clavo horizontal del soporte P, de modo que parezca una balanza. Colgando la bolsa de 5 kilogramos del gancho G ¿dónde habrá que colgar la bolsa de 1 kilogramo? (Es preferible colgar las bolsas, del borde superior de las reglas.)

Problemas.—Cuélguese la bolsa de 1 kilogramo, del gancho C. ¿Cuánto peso habrá que poner en el gancho G? ¿Por qué?

Cuélguese la bolsa de 2 kilogramos, del gancho D. ¿Qué peso habrá que poner en el gancho G? ¿Por qué?

Cuélguese la bolsa de 1 kilogramo, del gancho C, y la bolsa de 2 kilogramos del gancho D. ¿Qué peso habrá que poner en el gancho G? ¿Por qué?

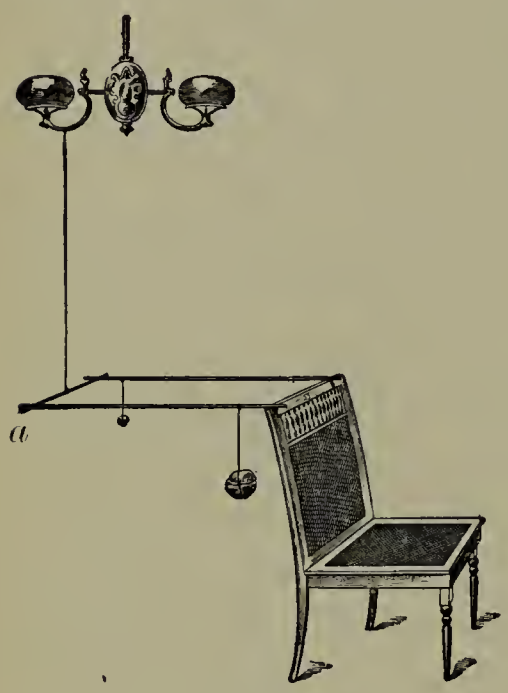


Fig. 70.

Experimento 50. — Suspéndase de un punto elevado una varilla delgada de madera, *a b* (Fig. 70), procurando que quede en equilibrio en posición horizontal. Aproximemos una silla ó una mesa á la balanza que hemos construído. Tomemos otras dos varillas delgadas y echémoslas como un puente, entre la silla y los brazos de la balanza. Colguemos de una de dichas varillas un pequeño peso, vg. una bolita de vidrio suspendida de un hilo por medio de lacre. (El extremo superior de este

hilo puede estar atado á un alfiler en forma de gancho, que se colgará de la varilla.) De la otra varilla suspendamos un peso mayor, como varias bolitas iguales (cuatro ó cinco) envueltas en papel muy liviano.

¿Á qué distancia del extremo que se apoya en la silla hemos suspendido la bolita?

¿Y el paquete de bolitas?

¿Cuál de esas distancias es mayor?

¿Cuántas veces?

¿Cuántas bolitas hay en el paquete?

Al medir las distancias sobredichas, téngase cuidado de notar en qué punto de la silla se apoyan las varillas. Si el borde de ésta es demasiado grueso, será conveniente apoyar dichas varillas sobre el lomo de un lápiz ó sobre el canto de una tablilla fijada verticalmente en el respaldo de la silla.

Repítase este experimento, cambiando el número de bolitas del paquete.

Los experimentos anteriores nos muestran que una varilla, un palo cualquiera, nos sirve para levantar objetos pesados y vencer de ese modo con facilidad la atracción de la Tierra.

Todas las barras, varas, vigas, etc., usadas como hemos usado las varillas en los experimentos anteriores, se llaman *palancas*.

Los mismos experimentos deben haber demostrado, sin embargo, que si bien conseguimos levantar objetos pesados haciendo apenas el esfuerzo necesario para levantar objetos de menor peso (experimentos 47, 48 y 49), en realidad los objetos pesados que levantamos de esa manera, se mueven menos que nuestras manos; y mientras nos parece que levantamos á cierta altura un peso escaso, en realidad levantamos á *menor* altura un peso *mayor*. Ya hemos visto por el experimento 46, que la misma fuerza requerida para levantar á

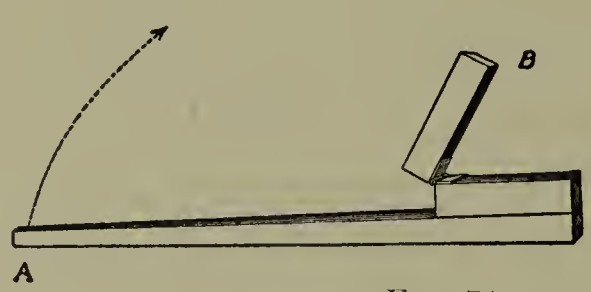
determinada altura un peso cualquiera, se necesita para levantar á una altura dos, tres, cinco ó diez veces menor, un peso dos, tres, cinco ó diez veces mayor.

Así, estos aparatos no nos regalan fuerza, ni nos permiten hacer milagros; pero con ellos podemos hacer la fuerza requerida, del modo más conveniente para nosotros.

Aunque los medios usados en los experimentos anteriores no permiten que saquemos fuerzas de la nada, según se ha visto ya, su uso es conveniente cuando se desean levantar objetos pesados.

Todos Vds. conocen las barretas de que se sirven los peones para separar las piedras en las calles ó levantar las rieles.

En las estancias, granjas ó haciendas, es necesario muchas veces levantar los carros ó las máquinas agrícolas con el objeto de repararlas, cambiar sus ruedas, etc. Para lograr este resultado, suele usarse el aparato representado en la Fig. 71. Es evidente que este aparato es una aplicación de la palanca. El carro se apoya sobre el extremo B. ¿Qué sucede cuando se levanta la extremidad A?



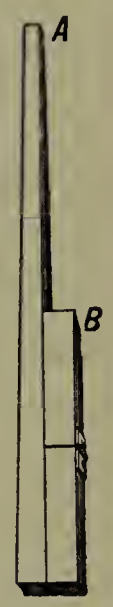


Fig. 71.

Observando con atención el aparato de la Fig. 72, se notará una ingeniosa aplicación de la palanca. Cuando la carretilla está extendida en el suelo, se pone sobre ella el objeto que se desea levantar, y luego, sujetando con el pie el travesaño que une las varillas laterales, se alza la carretilla por los

mangos. Es fácil comprender que entonces las dos varillas mencionadas obran como dos palancas, y sostienen la parte anterior de la tabla, que se encuentra fijada á la carretilla por medio de goznes. De este modo las varillas sostienen parte del peso, á medida que éste sube.

Fig. 72.

LAS POLEAS

Usemos una pequeña roldana de tres, cuatro ó cinco centímetros de diámetro. Si nos es imposible obtener roldanas de esta clase, usemos una de las roldanas que se emplean para sacar el agua de los pozos y aljibes. En este caso, sin embargo, los resultados de nuestros experimentos no serán tan exactos, aunque servirán, empero, para enseñarnos cómo las roldanas se utilizan para vencer la atracción de la Tierra.

Los experimentos siguientes están descriptos para ser realizados con roldanas grandes. Si se dispone de roldanas pequeñas, habrá que usar pesos más livianos.

Experimento 51.—Colguemos la roldana de un palo resistente colocado en el borde superior de una puerta entreabierta (Fig. 73). Pasemos una cuerda por la rueda. Después de igualar las puntas de la cuerda, midamos la altura á que estas puntas quedan del suelo. Tiremos de un extremo, de modo que corra un metro. ¿Cuánto sube el otro?

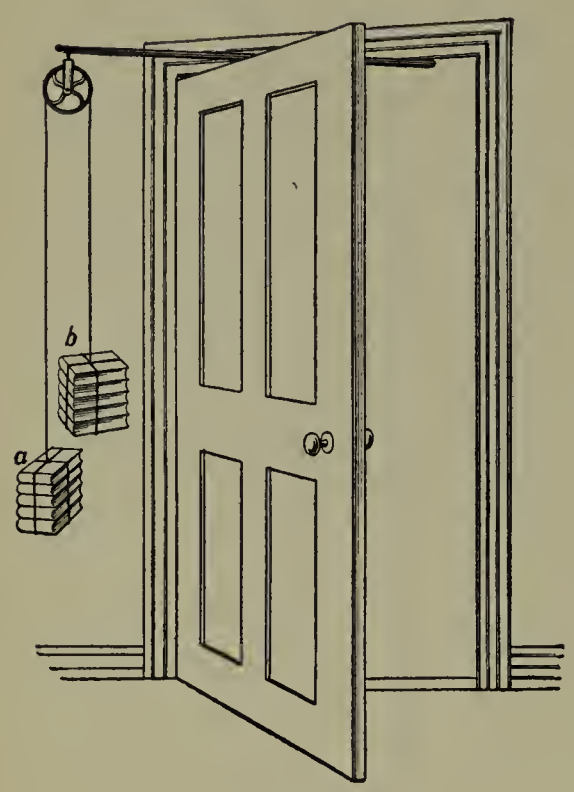


Fig. 73.

Veamos ahora si la fuerza hecha en un extremo de la cuerda, equilibra una fuerza igual ó diferente en el otro. Atemos en cada extremo de la soga una silla ó algunos libros. ¿Tenemos que poner pesos iguales en los dos puntos?

Experimento 52.—Dispongamos la roldana y la cuerda de manera que cuando uno de los extremos de ésta se mueva un metro, el otro se mueva dos (Fig. 74). Veamos cuánto se mueve la roldana *b* cuando el extremo *a* se mueve un metro. Ahora averigüemos si la resistencia que halla la mano para equilibrar una fuerza aplicada al extremo que se mueve más, es mayor que la que halla para equilibrar la misma fuerza aplicada al extremo que se mueve menos. Que un muchacho tire de *a* mientras otro tira de *b*: ¿quién vence? Cambien las posiciones. ¿Quién vence? ¿Ha sacado fuerzas de la nada el que venció? ¿Por qué? ¿En qué recuerda este arreglo de la cuerda, el cuento de Osvaldo y Albertito?

Experimento 53. — Dispongamos dos roldanas como lo muestra la Fig. 75. El peso *f* sirve para equilibrar el peso de la roldana. ¿Tenemos que poner el mismo número de libros iguales, de sillas, etc., en los ex-

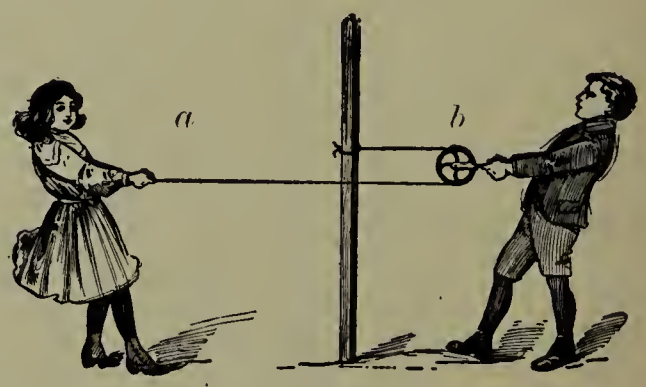


Fig. 74.

tremos *a* y *b* para que se equilibren? ¿Cuántas veces más en uno que en otro? Cuando *a* baja 50 centímetros ¿cuánto sube *b*? Atemos diez libros en el extremo de la cuerda dispuesta como lo muestra la Fig. 73 y hagámoslo subir un metro tirando del extremo *a*. Hecho esto, atemos 20 libros, en el extremo *b*, de la cuerda dispuesta como en la Fig. 75 y hagámoslos subir á cincuenta centímetros, tirando del extremo *a*. ¿Cuánto se ha movido la mano en ambos casos? ¿Halló una resistencia igual? ¿Es necesario la misma fuerza para subir 10 libros á un metro que para subir 20 libros á cincuenta centímetros? ¿Por qué puede subir su propio peso fácilmente el muchacho de la Fig. 76?

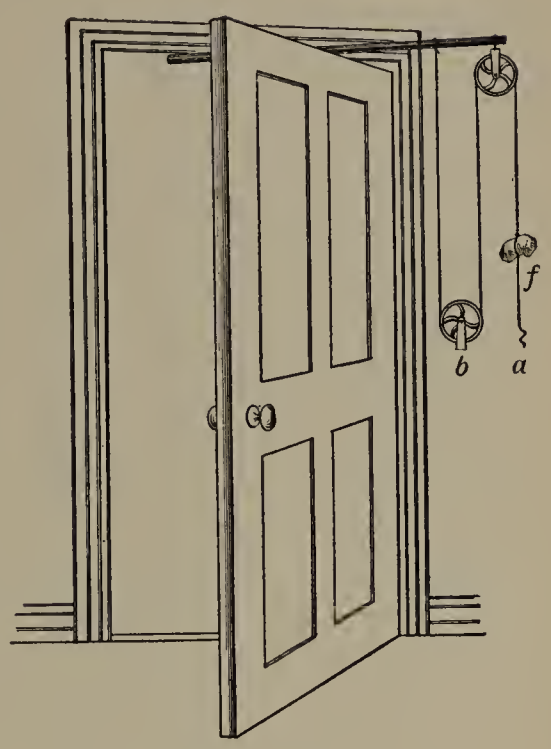


Fig. 75.

Fig. 76.

Experimento 54.—Dispongamos tres roldanas, como lo muestra la Fig. 77. ¿Qué distancia recorre el extremo *b*, mientras el extremo *a* recorre treinta centímetros? ¿Cuánto peso hay que poner en el extremo *b* para equilibrar el que se pone en el extremo *a*?

Experimento 55.—Observemos ahora las tres roldanas de la Fig. 78. ¿Qué distancia recorrerá el extremo *a*, comparado con el extremo *b*? Si dos

fuerzas se equilibran en dichos extremos ¿cuántas veces mayor será la resistencia ofrecida en uno de los extremos que en otro? Verifíquese.

Fig. 77.

¿En qué se parecen las poleas á las palancas?

¿Puede V. dibujar una polea y una palanca que hagan el mismo trabajo?

LAS RUEDAS

Experimento 56.—Tomemos un cilindro de madera ó un carretel de hilo y ajustemos en sus extremos dos discos de madera de un diámetro doble y triple respectivamente, que el cilindro central del carretel. Un tornero nos hará estos discos en un instante, y también formará en su borde una canaleta. Si nos es imposible conseguir discos de madera, podemos reemplazarlos con dos tapas de cajas de píldoras ó de pomadas. El boticario tendrá seguramente dos cajas del tamaño requerido.

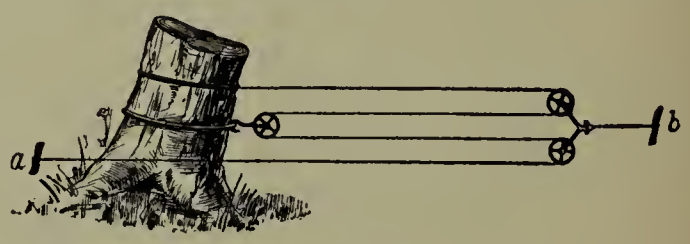


Fig. 78.

El carretel, conjuntamente con los discos de madera, constituyen una especie de torno, al que pondremos un eje, atravesándolo con una larga aguja de las que se usan en el crochet.

En una tablilla de unos quince centímetros de ancho y otros tantos de altura, cortemos un cuadrado tal que en dicha abertura pueda colocarse el aparato como lo mues-

tra la Fig. 79. Á ambos lados de la abertura fijemos dos alfileres de los llamados imperdibles, cuyos rebordes acanalados recibirán los extremos de la aguja que sirve de eje al aparato.

Nuestro marco debe fijarse en la pared, para lo cual será bueno disponer dos travesaños en ambos extremos del borde posterior, para que mantengan inmóvil el aparato.

Fig. 79.

Preparemos ahora suficiente número de pesas, que haremos fácilmente formando paquetes de dos, tres, cuatro, cinco, etc., monedas iguales de cobre. Arrollemos luego la parte media de un hilo en el cilindro, y colguemos de uno de los extremos del hilo una moneda. ¿Cuántas hay que colgar en el otro extremo, para equilibrar el peso de la moneda? Cuando uno de los pesos sube diez centímetros ¿cuánto baja el otro?

Experimento 57.—Arrollemos ahora un hilo en el cilindro de tal modo que uno solo de los extremos del hilo quede libre. Arrollemos de la misma manera, pero en sentido contrario, otro hilo de la rueda mayor. De este hilo colguemos una moneda. ¿Cuántas hay que colgar del otro? Cuando el peso suspendido de la rueda baja diez centímetros, ¿cuánto

sube el peso suspendido del cilindro? ¿Hay la misma relación entre los pesos suspendidos y las distancias que éstos recorren?

Experimento 58.—Háganse los mismos experimentos, usando el cilindro y la otra rueda, y luego las ruedas solamente.

Experimento 59.—Averígüese cuánto peso hay que poner en el hilo arrollado el cilindro para equilibrar el peso suspendido de las dos ruedas.

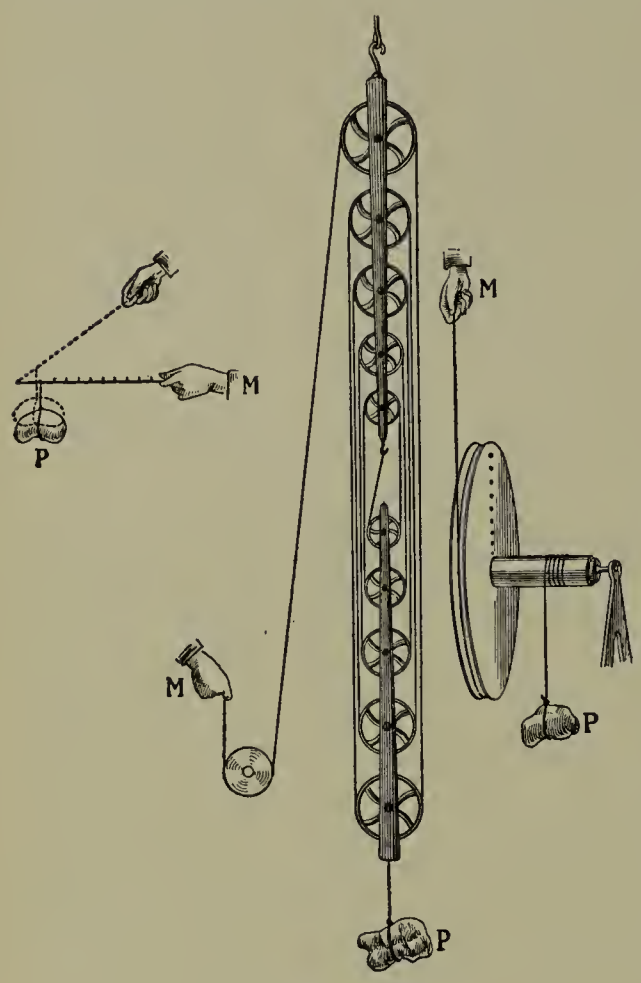


Fig. 80.

Así, pues, las ruedas, lo mismo que las poleas y las palancas, aunque en realidad no nos regalen fuerza, es decir, aunque no nos permitan sacar fuerza de la nada, son máquinas muy útiles, pues con su auxilio podemos hacer *á la vez* el esfuerzo que sin ellas deberíamos hacer por partes. Dividiendo una pesada piedra en diez trozos, por ejemplo, nos sería muy fácil levantar cada uno de ellos á diez centímetros de altura; con lo cual, nuestra mano habría levantado diez pedazos á diez centímetros, haciendo el esfuerzo necesario para levantar un pedazo á un metro. Ahora bien: las palancas, las poleas y las ruedas nos permiten hacer la fuerza del segundo modo, sin necesidad de romper ó dividir los objetos. Así, las máquinas representadas en la Fig. 80, nos permitirían le-

vantar la piedra P á diez centímetros, mientras la mano M se movería un metro; y los experimentos anteriores nos permiten comprender que en tal caso, la resistencia opuesta al movimiento de la mano, sería diez veces menor que el peso de la piedra, aunque *la fuerza ejercida sería la misma, que si levantásemos la piedra con nuestras manos;* pues el experimento 46 nos demostró que el esfuerzo necesario para elevar cierto peso á cierta altura, es igual á la fuerza requerida para elevar un peso tres, diez, treinta, etc., veces menor, á una altura tres, diez, treinta, etc., veces mayor.

EL TORNO

Las ruedas que ya conocemos, son muy usadas también para levantar objetos pesados. La Fig. 81 representa un torno, empleado frecuentemente para sacar la tierra de los pozos, á medida que se cavan. Las manijas C C hacen girar la pequeña rueda B.

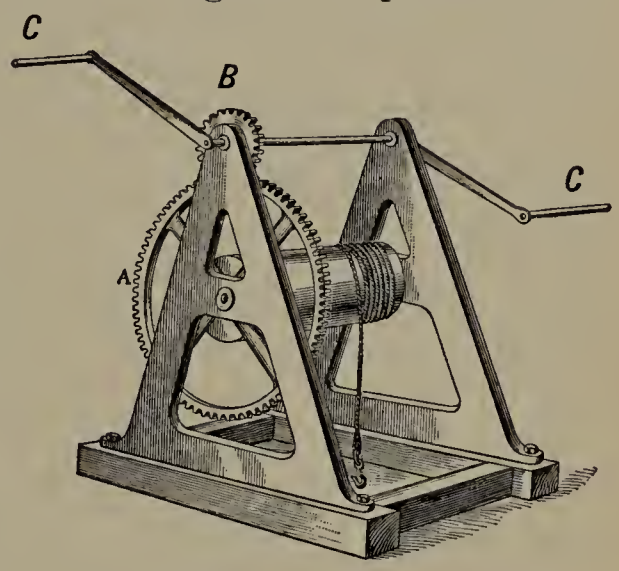


Fig. 81.—Torno.

Si la cuerda que está arrollada al torno pasase por una roldana colocada más arriba, tendríamos una máquina muy cómoda para levantar del suelo objetos muy pesados. Generalmente estos aparatos, no sólo elevan objetos en el aire, sino que también giran en círculo, pudiendo de ese modo transportar la carga de un punto á otro.

LAS GRÚAS

En los puertos, los buques se cargan y descargan con máquinas de esta clase. La Fig. 82 muestra una de ellas funcionando en el puerto de Buenos Aires. Levanta animales vivos que van á ser transportados á Europa. Como la máquina gira alrededor de un eje vertical, después que los

Fig. 82.—Grúa en el puerto de Buenos Aires.

animales han sido levantados del corral, ella misma los lleva hasta la cubierta del buque.

En algunas fábricas, los objetos necesitan llevarse á mayor distancia que la que una grúa podría permitir al girar, y para ello se adaptan á estos aparatos ruedas que corren sobre rieles, pudiendo así transportar la carga á mucha distancia. La Fig. 83 muestra una de esas máquinas. Nótese que en esta grúa el cable no pasa por una simple roldana, sino por muchas poleas colocadas detrás del gran brazo de la

máquina. En la extremidad de este brazo se ve otra polea como las que ya conocemos. Obsérvese también que el cable se arrolla en un torno movido por varias ruedas dentadas. ¿Por qué aumenta esto el poder de la máquina? (Véase la Fig. 81.)

OTRAS MÁQUINAS PARECIDAS Á LAS PALANCAS, LAS POLEAS Y LAS RUEDAS

Sería un gran error suponer que sólo las palancas, las poleas y las ruedas nos sirven para transformar la fuerza de la manera que sabemos. Los experimentos que siguen, y muchos otros que podemos hacer en la escuela, van á mostrarnos que siempre que un movimiento produce otro más pequeño, podemos vencer con nuestras fuerzas resistencias considerables.

Fig. 83.—Grúa sobre rieles.

Experimento 60.—Tomemos dos fuertes listones de madera, de una longitud de treinta centímetros cada uno. Unámoslos por un extremo con un trozo de cuero que sirva de bisagra, formando con ambos listones un ángulo muy obtuso, y unamos después con

un hilo los otros extremos de los listones. Apoyemos sobre el suelo ó sobre una mesa el aparato, y ejerzamos una presión sobre el vértice del ángulo. ¿Se rompe fácilmente el hilo?

Atemos ahora los dos cabos del hilo roto, en los dos extremos de una romana, de tal modo que al hacer presión sobre el vértice del ángulo, la romana se estire (Fig. 84).

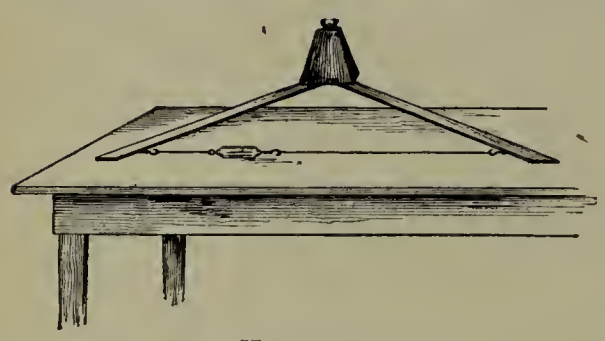


Fig. 84.

Coloquemos un cuerpo pesado sobre el ángulo. ¿Cuánto marca la romana? Sacando ahora la romana y pesando en ella el objeto que pusimos sobre el áugulo, ¿qué peso encontramos que tiene? ¿Qué relación hay entre las dos indicaciones de la romana?

¿Cuánto se separan los extremos, mientras el vértice se mueve un centímetro? ¿Qué movimiento es mayor? ¿Cuánto? ¿Es igual esta relación á la que encontramos entre las dos lecturas de la romana?

NUESTRAS PIERNAS SON MÁQUINAS

Tito es un muchacho que está orgulloso de su fuerza. El otro día, queriendo alzar del suelo una pesada barra, no pudo conseguirlo, á pesar de que tiraba de ella con toda su fuerza. Este fracaso ofendió su amor propio y excitó su ingenio. Levantándose, sofocado aún, dijo á su hermana que lo miraba: "¿Quieres ver como levanto la barra, Elisa?" "No podrás," contestó ésta, segura de que una nueva tentativa sería tan infructuosa como la primera.

Pero Tito, en lugar de inclinarse de nuevo, entró en una de las piezas de la casa y volvió á salir con una soga algo larga. Ató sus puntas á los extremos de la barra, y pasándola luego

sobre sus hombros, como lo muestra la Fig. 85, levantó fácilmente la barra.

¿Qué semejanza hay entre las piernas de Tito y el aparato construído para el experimento 60?

Experimento 61.—Observen á un compañero mientras levanta su propio peso estirando las piernas. Márquese en la pared la posición de las rodillas y de la cabeza, antes y después de estirar el cuerpo.

¿Cuánto se movieron las rodillas?

¿Cuánto se movió la cabeza?

¿Por qué es fácil subir á gran altura el peso del propio cuerpo subiendo una escalera?

Ejercicios.—Inventemos aparatos sencillos por medio de los cuales un movimiento produzca otro menor, y sea, por lo tanto, fácil transmitir la fuerza.

Fig. 85.

¿Por qué una cuña nos hace recordar la palanca, la polea, la rueda, etc.?

Problemas.—La Fig. 86 representa una palanca, una polea y una rueda. En estos tres aparatos, al tirar de un extremo, A, el otro extremo, B, se mueve en un espacio doble. ¿Cuántos caballos habrá que poner en B para equilibrar la fuerza de cuatro caballos que tiran del otro extremo? Si un extremo

anduviese 15 metros mientras el otro anduviera 3, y tuviésemos 18 caballos, ¿cuántos habría que poner en un extremo y cuántos en el otro?

¿Y si tuviéramos sólo seis caballos?

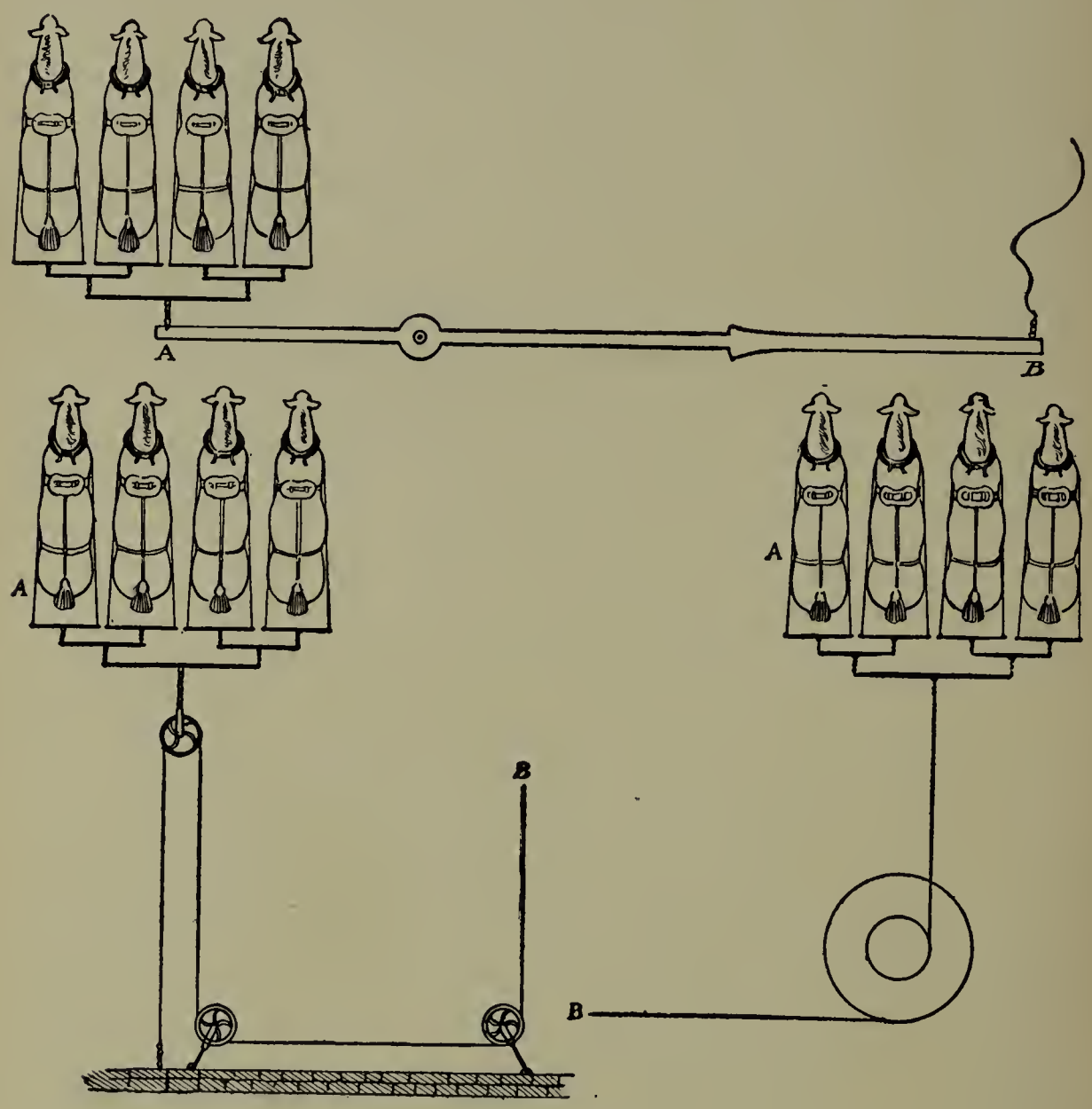


Fig. 86.

¿Por qué el niño de la Fig. 87 puede levantar á su papá?

¿Por qué el papá no puede levantar al niño en la Fig. 88, pero puede levantar un objeto más pesado en la Fig. 89?

Fig. 87.

Fig. 88.

PLANO INCLINADO

Si se preguntase á Vds. de qué manera puede subirse á un carro un pesado barril, sin necesidad de usar poleas ni tornos, muchos recordarían sin duda haber visto hacer esa operación, poniendo una tabla inclinada que se apoya por un extremo en el suelo y por el otro en la trasera del carro, y por la cual se hacen rodar los toneles y barricas.

Fig. 89.

Cuando hicimos el experimento 16, observamos que cuanto menos inclinado era el plano por donde subía nuestro carrito, menos fuerza era necesaria para arrastrarlo. Entonces nos pareció sorprendente que siendo siempre el mismo el peso del carrito, pareciese unas veces más liviano que otras. Mas ahora nos hallamos ya en disposición de comprender por qué motivo el peso de un objeto que sube por un plano inclinado, parece haber disminuído.

Experimento 62. — Usando nuevamente el aparato del experimento 16, coloquémoslo verticalmente, como lo muestra la Fig. 22. ¿Cuántas bolitas tenemos que poner en la bolsa, para equilibrar el peso del carrito?

Inclinemos ahora la tabla, de tal modo que el extremo donde se halla la roldana se encuentre á un altura igual á la décima parte de la longitud de la tabla. Es decir, que para que el carro suba á dicha altura, tiene que recorrer sobre la tabla una distancia diez veces mayor. ¿Cuántas bolitas hay que poner ahora en la bolsa? ¿Parece reducido el peso del carrito? ¿Cuánto?

¿Qué semejanza se encuentra entre este experimento y el experimento imaginario á que se refiere la Fig. 80?

Ahora comprendemos por qué los toneles parecen más livianos cuando se les hace subir por un plano inclinado. Esta operación equivale á la que se hiciese subiendo los mismos toneles por medio de una palanca.

TORNILLO

Todos los muchachos conocen bien las prensas de copiar. En ellas, un tornillo que pasa por una barra curva de hierro, aprieta dos planchas una contra otra, con tal fuerza, que un niño es capaz de hacer con los brazos la misma presión que produciría el peso de varios hombres (Fig. 90).

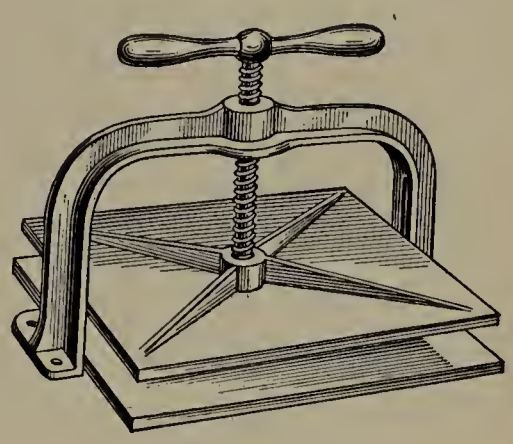


Fig. 90.

Si examinamos atentamente una de esas prensas, veremos que en ellas, como en las palancas, poleas, ruedas, etc., el movimiento hecho en la extremidad de los mangos produce otro menor de arriba abajo en la plancha movible. Así, pues, un movimiento hecho en un punto, produce un movimiento menor en otro punto del aparato. ¿No se parece la prensa de copiar, á las palancas, poleas, ruedas, etc.?

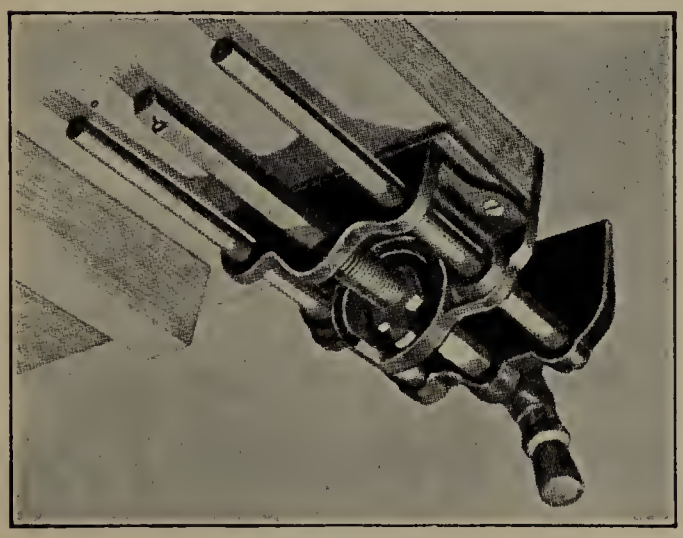


Fig. 91.

El tornillo es, por tanto, una buena máquina para transmitir la fuerza, y se usa además para

levantar objetos pesados. La Fig. 91 representa un tornillo que forma parte de los bancos de carpintero. El banco representado aquí fué fotografiado desde abajo, para que se viese mejor el tornillo. ¿Cuándo usan los carpinteros este aparato? Los herreros usan un tornillo parecido, cuando desean asegurar las piezas de hierro que hay que limar.

MÁQUINAS PARA ELEVAR LOS LÍQUIDOS

Ya hemos visto cómo se suben las piedras de los pozos, los minerales de las minas, las cargas de los buques. Veamos ahora cómo se elevan los líquidos.

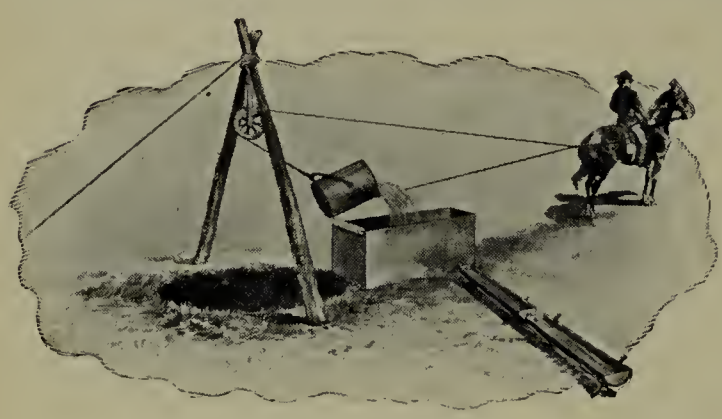


Fig. 92.

Desde luego se comprende que los líquidos contenidos en recipientes pueden elevarse usando las palancas, poleas, ruedas y demás medios de subir los cuerpos sólidos. La Fig. 92 muestra cómo se usa la polea sencilla para hacer funcionar el *balde volcador* que se emplea en las estancias para sacar el agua de los pozos á fin de abrevar animales. En la Fig. 93 vemos una noria, aparato cuya parte principal consiste en recipientes grandes de metal llamados cangilones, que se hallan fijados á una cadena sin fin engranada con dos ruedas, una de las cuales se encuentra sumergida en la corriente, estanque ó pozo de donde se desea obtener el agua.

Imagine un medio de recibir el agua cuando los cangilones llegan á la parte superior.

Esta máquina nos muestra una buena aplicación de las ruedas para la transmisión de la fuerza.

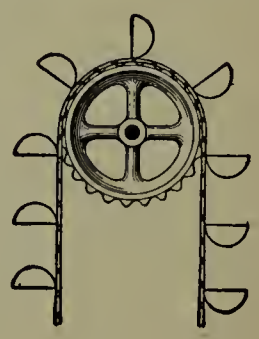


Fig. 93.

Fig. 94.—Pozo artesiano.

Recordando ahora que el agua suele brotar naturalmente del suelo en chorros continuos, se reconocerá sin trabajo que es mucho más cómodo obtenerla de este modo; pero es preciso notar que no siempre se puede disfrutar de tan económico medio de abastecimiento. Teniendo presente lo que hemos estudiado ya, al tratar de los conductos naturales que se forman debajo del suelo cuando una tierra permeable se halla comprendida entre dos capas impermeables, comprenderemos que solamente cuando el agua contenida en la capa permeable proviene de regiones más elevadas que aquélla donde se halla el pozo, podremos obtener una fuente natural (Fig. 62). Éstos son los pozos artesianos ó surgentes, ahora bastante usados para el riego de la tierra así como para la provisión de agua en ciertas ciudades y en muchas haciendas ó estancias (Fig. 94).

Pero cuando el agua subterránea no proviene de regiones altas, es claro que no puede subir por el pozo; y por esta razón, tales pozos se llaman *semisurgentes*. El líquido sólo puede obtenerse entonces subiéndolo por medio de baldes, norias y malacates. Ya hemos visto lo que son los primeros; ahora veamos cómo se puede hacer subir el agua contenida en recipientes. Vamos, pues, á estudiar las bombas.

LAS BOMBAS

Experimento 63.—Tomemos un tubo de lámpara, igual al que usamos en experimentos anteriores. Procurémonos un tapón de corcho que ajuste perfectamente en la extremidad más ancha. Valiéndonos de un clavo calentado al rojo, hagamos un agujero en el centro del tapón. Por este agujero debe pasar un tubo de vidrio de unos diez centímetros de largo y de unos siete milímetros de diámetro. La extremidad superior de este tubito debe ajustarse en un tubo de goma de cuatro ó cinco centímetros de largo. El extremo de este tubo de goma debe cerrarse con un trocito de varilla de vidrio ó con la extremidad de un lápiz. Para acabar de preparar el tubo de goma (que está representado con mayor detalle en A, Fig. 95), debemos abrir en él un tajo *a b*, lo que haremos fácilmente valiéndonos de una navaja muy afilada. Para saber si hemos hecho bien el tajo, soplemos y aspiremos sucesivamente por el extremo inferior del tubo de vidrio. El aire debe pasar por el tajo cuando soplemos; pero no debe volver á pasar por él al aspirarlo. Este pequeño aparato se llama *válvula*. La tirilla de goma que cierra el conducto del carretel, de que luego hablaremos, es otra válvula.

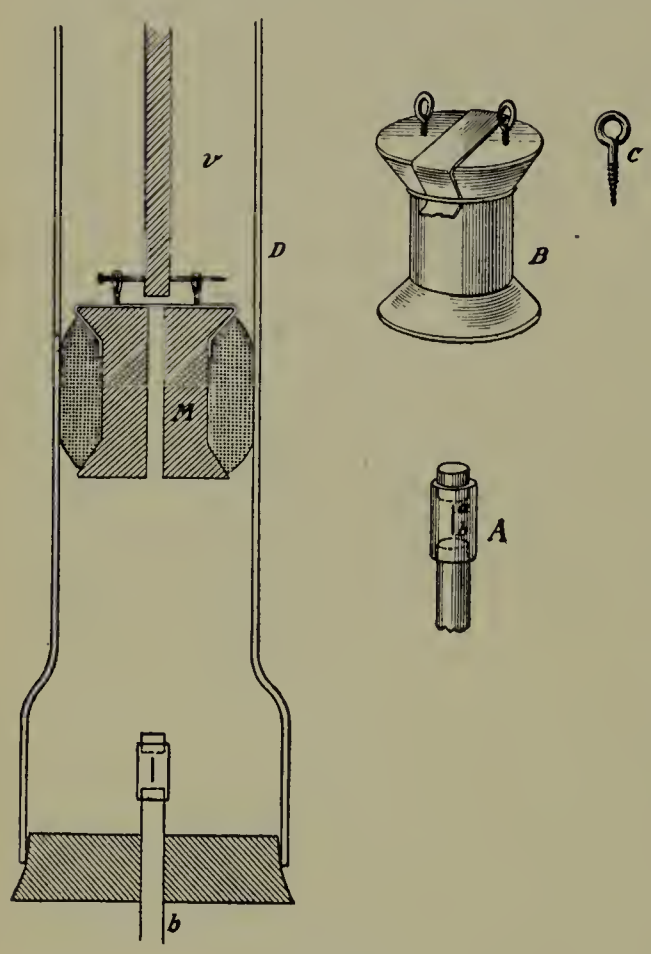


Fig. 95.

Preparada ya la extremidad inferior del tubo de lámpara, construyamos la pieza M, que debe entrar en el tubo. Para esto, tomemos un carretel de un diámetro algo menor que el del tubo, y cerremos una de las extremidades del conducto central por medio de una tirilla de goma algo más ancha que dicho conducto. Esta tirilla irá asegurada al carretel B por medio de un hilo. Á los lados de esta banda aseguremos dos tornillos con ojos. Uno de ellos está representado en *c*. Por estos tornillos debe pasar un clavo, fijado en el extremo de una varilla, *v*.

El carretel se envolverá con hilo ó lana, de tal modo que se introduzca en el tubo con cierto rozamiento, mas sin que sea necesario hacer mucha fuerza. (Será conveniente untar la pieza M con vaselina.)

D representa un corte imaginario hecho por la mitad del tubo y del carretel, cuando el aparato se halla preparado para el experimento.

Tenemos, pues, una excelente bomba, que puede funcionar inmediatamente. El tubo de vidrio se llama ahora *cuerpo de bomba* y el carretel con la varilla *émbolo* ó *pistón*.

Introduzcamos en el agua la extremidad inferior del tubo delgado de vidrio. Bajemos el émbolo, haciéndolo deslizar dentro del tubo de lámpara. Subamos nuevamente el émbolo. ¿Qué sucede? Cuando el émbolo sube, obsérvense las válvulas que cierran los dos agujeros. ¿Se abren y se cierran ambas al mismo tiempo? ¿Subiría el agua si el pistón careciese de válvula, es decir, si el conducto del carretel se encontrase abierto por arriba? ¿Por qué sube el agua por el tubo al subir el émbolo? ¿Cómo ayuda á éste la presión atmosférica?

Bajemos el émbolo nuevamente. ¿Qué hace ahora la válvula del carretel? ¿Dónde pasa el agua que se hallaba debajo del carretel? ¿Por qué? ¿Pasaría el agua si no

estuviera obstruído el tubo de vidrio que penetra en el agua?

Levantemos ahora el émbolo. ¿Adónde va el agua que estaba sobre el pistón? Imaginemos una manera de recoger el agua que hemos levantado. (Descríbase ó dibújese esa nueva parte de la bomba, pero no se construya.)

Con esta máquina hemos subido, por lo tanto, el agua á cierta altura. ¿Quién nos ha ayudado? Nuestra amiga la atracción, es decir, la presión atmosférica. También nos hemos servido de nuestras fuerzas; pero éstas podrían haber sido reemplazadas por la fuerza del viento, del vapor ó de la electricidad.

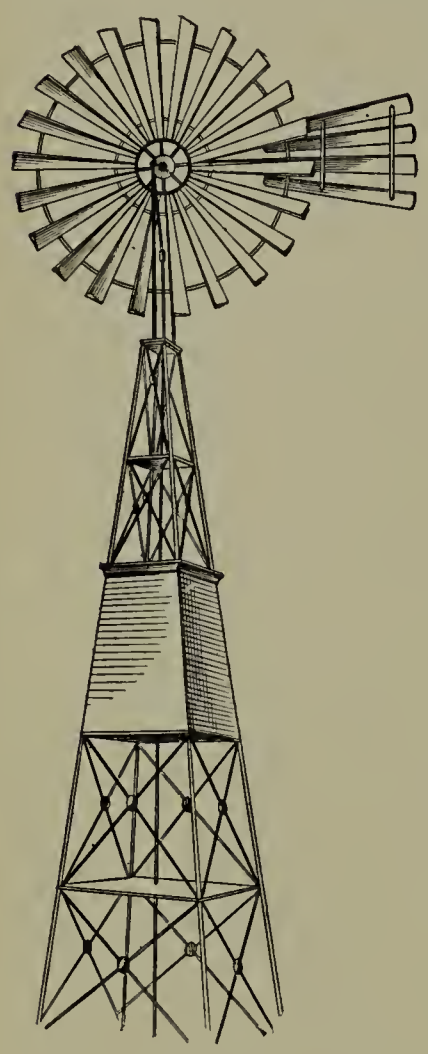


Fig. 96.

En las bombas muy grandes, el peso del agua es considerable; siendo entonces conveniente usar uno de los medios que conocemos, de vencer grandes resistencias. Entonces se emplean las palancas ó las ruedas para levantar y bajar el pistón. La Fig. 96 representa un *aeromotor*, ó sea una rueda provista de aletas á manera de molino, y que por su movimiento hace funcionar el pistón de una bomba que aspira el agua de un pozo semisurgente. Este medio de obtener el agua se emplea con mucha frecuencia en las estancias, granjas, etc. La Fig. 97 nos muestra otra manera de poner en movimiento una bomba. Obsérvese la aplicación que en ella se ha dado á las ruedas.

Experimento 64.—Vamos á construir una bomba que no

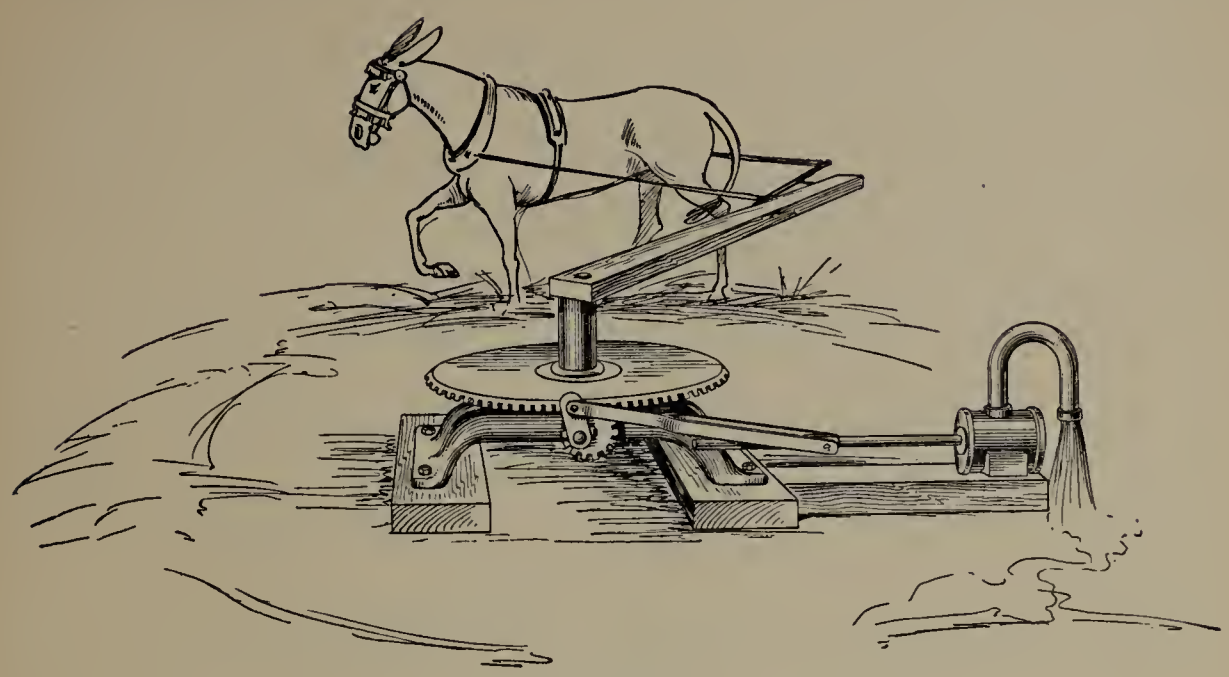


Fig. 97.

sólo levante el agua, sino que además la arroje con fuerza por un tubo.

Para esto, cerremos completamente con un pequeño tapón, *a* (Fig. 98), el conducto del carretel que forma el pistón. El tapón que cierra el tubo de lámpara, necesita tener dos agujeros, que haremos con cuidado, valiéndonos de un clavo caliente. Por estos agujeros pasaremos dos tubos de vidrio, uno de los cuales, *b*, debe llevar en su extremo superior una válvula semejante á la que hicimos en el experimento 63. Este tubo debe sumergirse en el líquido que se desea aspirar. El otro tubo, *c*, comunica, mediante otro de goma, con una pequeña botella de ancho cuello, cuyo tapón tiene también dos agujeros. Otra válvula de goma, *d*, se adapta al tubo que viene de la bomba.

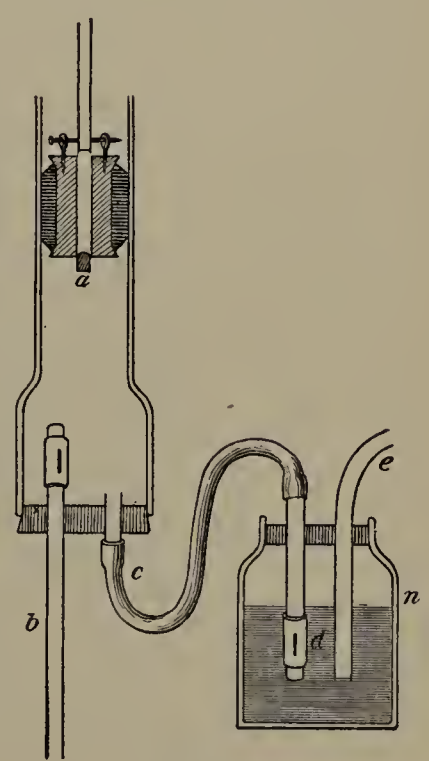


Fig. 98.

La pequeña botella no debe llenarse completamente de agua. Basta que ésta cubra la válvula *d*.

¿Qué sucede cuando el émbolo sube? ¿Por qué sube el agua por el tubo *b*? ¿Por qué no pasa el agua por el tubo *c*? ¿Por qué se cierra la válvula *d*?

¿Qué sucede al bajar el émbolo? ¿Por qué no pasa entonces el agua por el tubo *b*? ¿Por qué sale el agua por el tubo *e*? Si el tubo *b* en las bombas de las Figs. 95 y 98 tuviera más de 10 m. y 30 cm. de largo, ¿podría subir el agua hasta la bomba?

Si el émbolo se hace bajar y subir rápidamente, el agua sale por el tubo *e* en un chorro casi continuo. Para saber á qué se debe esto, llenemos de agua el pequeño frasco, sin permitir que quede aire en él. Movamos el émbolo rápidamente. ¿Qué sucede ahora? Recordemos que el aire es elástico, y que, por lo tanto, dejando cierto espacio entre el nivel *n* y el tapón, cuando llega el agua de la bomba, el aire se comprime y hace presión sobre la superficie *n* del líquido, obligándolo á salir por el tubo *e*. Pero este efecto del aire no es instantáneo; razón por la cual si movemos el pistón rápidamente, el aire obra como un resorte y obliga al agua á salir por el tubo *e* de un modo casi continuo.

En esta bomba el agua sale por el tubo *e* solamente cuando el émbolo baja. Es verdad que la cantidad de aire dejada en el pequeño frasco obliga al agua á salir casi en forma de chorro constante, sobre todo si movemos rápidamente el pistón; pero esto no nos satisface. Deseamos construir una bomba de la que el agua salga constantemente, como hemos visto que sale el agua de las bombas de regar y de las que se usan en las ciudades para apagar incendios. Una bomba tal está representada en la Fig. 99. Dos cuerpos de bomba, A y B, comunican con el depósito D por medio de los tubos *e* y *f*.

Suponiendo que los dos émbolos estén unidos de manera que cuando el émbolo de la bomba B baje, el de la bomba A suba, constantemente entrará agua en el depósito D, y por lo tanto, siempre saldrá agua por el tubo *c*. Si Vds. construyen una bomba como ésta, dos niños pueden hacerla funcionar, bajando el uno el émbolo A mientras el otro sube el émbolo B.

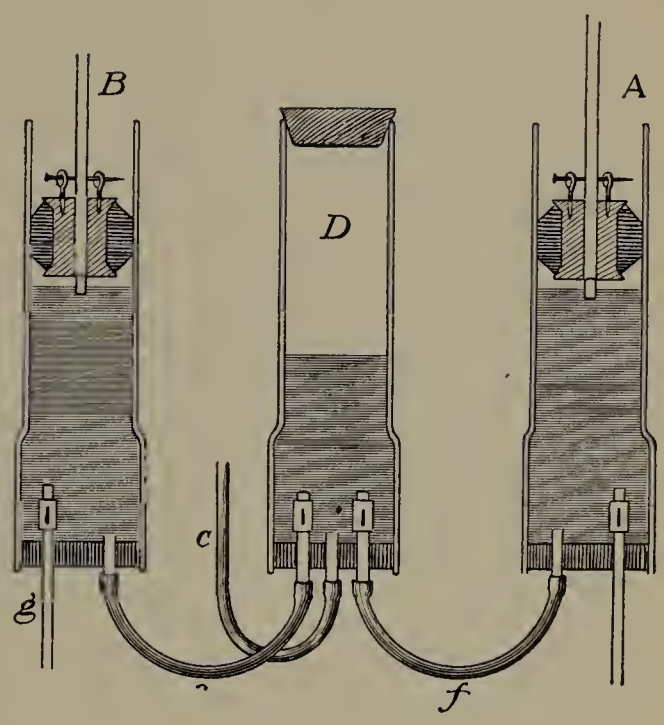


Fig. 99.

Las máquinas que se usan para apagar incendios, deben enviar el agua á considerable altura. Ya hemos visto, sin embargo, que por el tubo *b* de las bombas representadas en las Figs. 95 y 98 el agua no podría pasar de una altura de 10 metros y 30 centímetros. Pero es evidente que en la bomba de la Fig. 98 el agua puede subir por el tubo *e* á cualquiera altura pues ésta depende de la presión que se haga con el pistón. Lo mismo ocurre en la bomba de la Fig. 99. El agua puede subir por el tubo *c* á cualquiera altura. (Tengamos presente que nos referimos al tubo de salida del agua; ¿podría ésta llegar á las bombas si los tubos de entrada tuvieran una longitud mayor de 10 metros 30 centímetros sobre el nivel del líquido que se tratase de aspirar?)

Para que el agua arrojada por las bombas alcance grandes alturas (como cuando se produce un incendio en los últimos pisos de una casa), las bombas de incendio son movidas por medio de máquinas de vapor. La Fig. 100 representa un grupo de edificios de la ciudad de Nueva York. Observen la

altura considerable de aquéllos. El fotógrafo que tomó esta vista se hallaba en un edificio muy alto también, y desde esa altura los tranvías, coches, y sobre todo, las personas, se ven de un tamaño muy reducido. Se comprende, por lo tanto, que, en caso de incendio, para hacer llegar el agua á una altura tan elevada, hay que aplicar á las bombas una fuerza enorme.

Las bombas se usan asimismo en las ciudades para dis-

Fig. 100.—Calle de Nueva York.

tribuir por medio de cañerías el agua, consume que la población. Tales bombas son movidas también por medio de motores poderosos (Fig. 101).

Ya que tratamos de las bombas, es oportuno recordar la máquina que llamamos prensa hidráulica. Notemos que en el experimento 25 una pequeña cantidad de aceite equilibraba perfectamente el peso de una cantidad de aceite mucho mayor. Luego supimos que ese hecho se utiliza para construir prensas poderosas, con las cuales se enfarda la lana,

el algodón, el tabaco, etc.; y ahora no nos extrañará el saber que la misma máquina se emplea para elevar cuerpos muy pesados, por lo cual dicho aparato resulta ser otra máquina con la que se vence la atracción de la Tierra. Los ascensores,

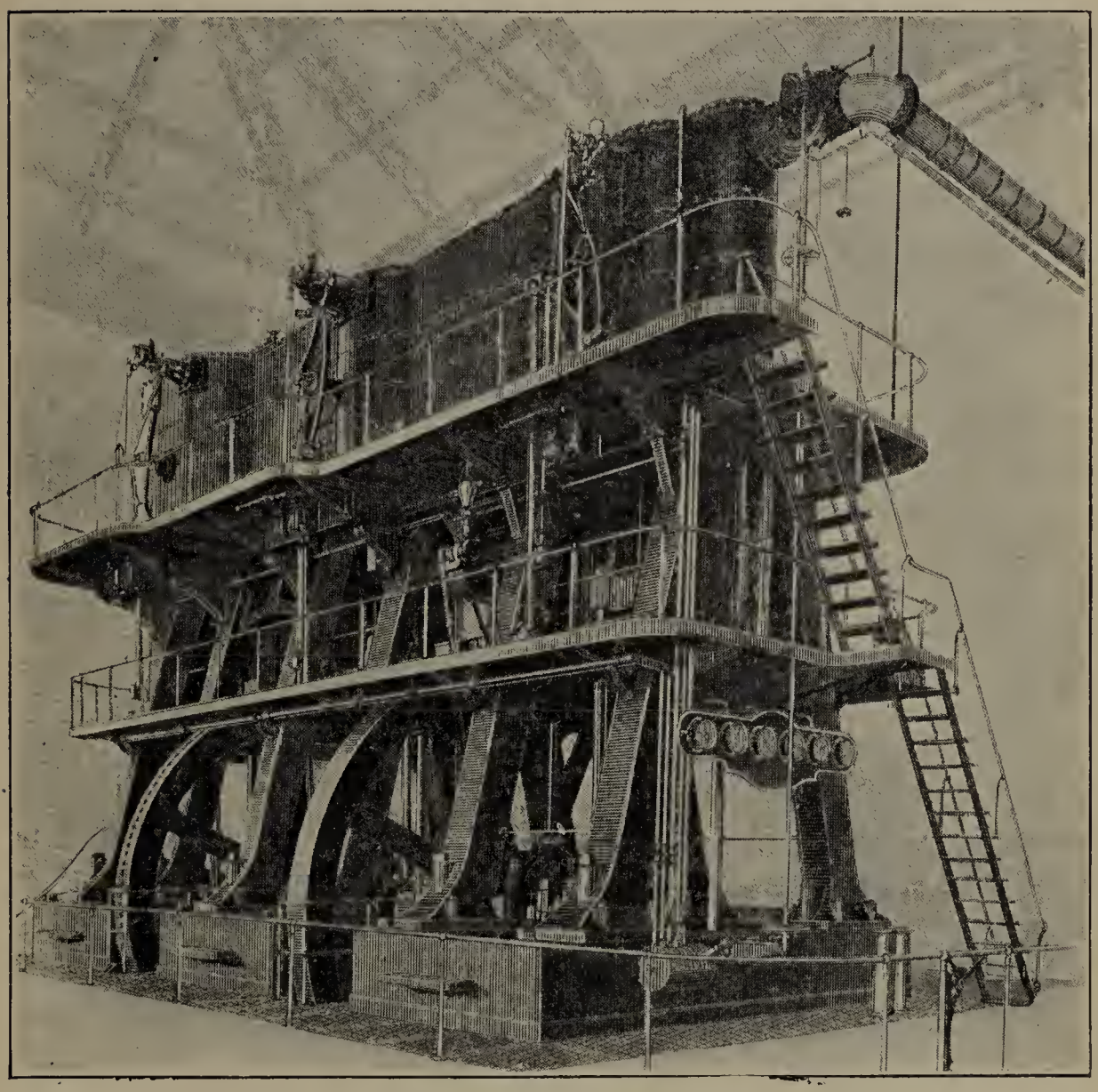


Fig. 101.—Bomba para distribuir el agua.

que sirven para transportar personas á los diferentes pisos de una casa, son máquinas que se fundan también en los principios de la prensa hidráulica.

Repitiendo el experimento 25, ¿cuántos milímetros baja

el nivel del agua en el tubo menor, mientras el nivel del agua en el tubo mayor sube un milímetro?

Represéntese una palanca, en la cual cuando uno de los extremos recorra el espacio que recorrió el nivel del agua en el tubo menor, el otro extremo recorra el espacio que recorrió el nivel del agua en el tubo mayor.

¿Qué relación deberán tener los pesos colgados en estos extremos para que se equilibren? ¿Estarán dichos pesos en la misma relación en que se hallan las cantidades de aceite que flota en ambos tubos?

¿Se parece la prensa hidráulica á las palancas, las poleas, ruedas, etc.?

Conocemos ya los sifones que sirven para transportar líquidos de un recipiente á otro que se halle á menor altura, y las bombas ó máquinas que se usan para hacer lo contrario, es decir, subir líquidos á una altura mayor de aquella en que se encuentran. Pero no es esta última la única manera como suben los líquidos. Las plantas tienen agua en sus troncos, agua que no es otra que aquella con que se ha regado el suelo donde penetran sus raíces. ¿Cómo ha subido el agua desde el suelo y llegado hasta las ramas más elevadas, las cuales suelen hallarse á gran altura? Esto lo sabremos, después de hacer el experimento que sigue.

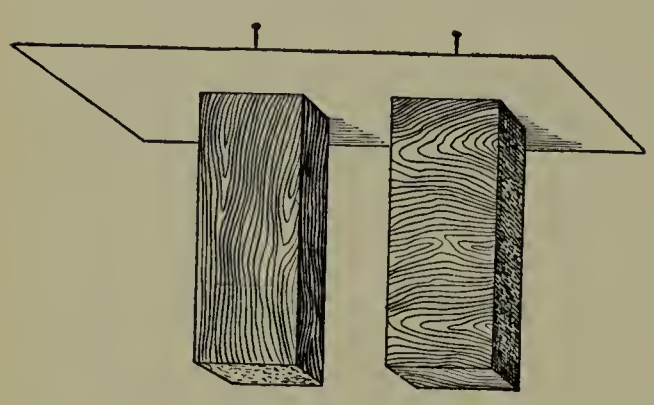


Fig. 102.

Experimento 65. — Tómense dos trozos pequeños de madera, el uno cortado en el sentido de las fibras y el otro en sentido contrario (Fig. 102). Suspéndanse con alfileres, de un cartón con el que se cubrirá una copa que contenga agua teñida con tinta.

Los trozos de madera deben penetrar un centímetro más ó menos en el líquido. Al cabo de un rato examínense los trozos de madera. ¿Ha subido el agua por ellos? ¿En cuál ha subido más?

Experimento 66.—Tomemos un tubo de vidrio y calentémoslo en la lámpara de alcohol. Cuando el vidrio esté completamente rojo y blando en la parte calentada, apartémoslo de la llama, y luego estirémoslo con fuerza. Obtendremos así un delicado tubo de vidrio, tan delgado como un hilo. En la parte más delgada cortemos un trozo de unos veinte centímetros de longitud, y sumerjamos un extremo de este tubito en agua teñida con tinta. ¿Qué pasa? ¿Sirve este experimento para explicamos por qué subió el líquido por el trozo de madera cortado en el sentido de las fibras?

Experimento 67.—Pongamos el extremo de un trozo de tela en un recipiente que contenga agua teñida. ¿Qué sucede? En vez de la tela pongamos un trozo de mecha de lámpara.

¿Por qué una toalla seca las manos? ¿Por qué el papel secante absorbe la tinta?

Experimento 68.—Llenemos de alcohol un tubo de ensayo, y sumerjamos en él una tela empapada en alcohol, procurando que una gran parte de aquélla quede expuesta al aire, fuera del tubo (Fig. 103). Pongamos el tubo de ensayo así preparado al aire libre, y, lo que será mejor todavía, al sol. ¿Qué notamos al cabo de un rato? ¿Por qué cuando una lámpara de alcohol se deja destapada por descuido, todo el alcohol se consume al cabo de cierto tiempo?

Fig. 103.

Ya sabemos cómo sube el agua en las plantas, desde las raíces al tronco, del tronco á las ramas, de las ramas á las

hojas, á las flores, á los frutos. ¿Qué debe suceder al llegar el agua á las hojas calentadas por el sol? ¿Qué semejanza se ve entre un árbol y el aparato con que hicimos el experimento anterior?

Experimento 69.—Póngase en una copa cierta cantidad de agua teñida con tinta, y en otra una cantidad menor de agua clara. Tuérzase un trapo y acomódese entre ambas copas. ¿Qué sucede? ¿Por qué?

La Fig. 104 representa un retrete moderno. La comunicación entre el caño *c* y el recipiente *d* está permanentemente interceptada, gracias á una cierta cantidad de agua, *f*, que se renueva cada vez que se lava el retrete. Esto se muestra muy claramente en A.

Fig. 104.

Cierto día uno de estos retretes comenzó á despedir un mal olor que evidentemente procedía de la cloaca *c*. Revisado el retrete B, se descubrió que no había casi agua en el fondo del recipiente, por lo cual los gases de la cloaca pasaban á la parte *d* del retrete, y de allí al aire de la habitación. ¿Y saben Vds. por qué no había agua en el fondo, *f*, del recipiente? Porque un trapo se encontraba en la curvatura del caño. ¿Pueden explicar cómo este trozo de tela había producido aquel resultado?

Experimento 70.—Tómense dos pequeños trozos de vidrio. Colóquese uno sobre otro y sumérjanse ambos por el borde en agua teñida con tinta, cuidando de introducir en el líquido sólo unos cuantos milímetros. ¿Qué sucede?

Experimento 71.—Redúzcase á polvo una pequeña cantidad

de vidrio y llénese con él un tubito de vidrio, de cinco ó seis centímetros de longitud. Sumérjase uno de los extremos de este tubo en el agua teñida. ¿Qué pasa? ¿Puede explicarse por qué sucede lo que se acaba de observar?

Póngase el extremo de una barra de tiza en el agua teñida. ¿Ocurre algo semejante? ¿Por qué?

Los líquidos suben, pues, no sólo por los tubitos delgados y las placas colocadas muy cerca una de otra, sino también por entre los espacios que quedan entre las partículas de ciertos cuerpos, como la tiza, la arena, la tierra, etc.

¿Por qué sube el café por un terrón de azúcar, cuando ambos se ponen en contacto?

¿Por qué el agua de riego se resume en la tierra y se desparrama en todas direcciones en la superficie?

Ya sabemos, pues, qué camino sigue el agua que cae alrededor de una planta: se extiende por el suelo y lo humedece; llega á las raíces y pasa por ellas al tronco, á las ramas, á las hojas, etc. No deja de ser considerable la cantidad de agua que se transporta de ese modo. Un ombú ú otro árbol de ancha copa absorbe de la tierra durante el verano una cantidad de agua suficiente para llenar un depósito del ancho de su copa y tan alto como un hombre. Esta agua sube por las raíces y se evapora en las hojas; de modo que el árbol funciona de un modo parecido á la lámpara de alcohol, cuyo líquido se evapora en la mecha.

De la superficie de los millones y millones de hojuelas que forman el césped de un prado, se exhala diariamente el contenido de muchos litros de agua. Pocas cosas maravillan tanto como esta inmensa fuerza realizada por tan humildes maquinitas como son los tubos de las plantas.

Tales tubos han sido llamados *capilares*, palabra que se deriva de *cabello*, porque los cabellos son también huecos

por dentro. Por tal razón, los interesantes fenómenos que hemos observado se llaman fenómenos de *capilaridad;* perteneciendo á esta clase no sólo los que ocurren en los tubos, sino los que tienen efecto entre las láminas ó entre las pequeñas partículas.

¿Por qué se ponen las flores con los tallos en el agua para conservarlas?

El agua penetra mejor en la tierra removida que en la que se halla en estado compacto. ¿Por qué?

Removiendo y aflojando la tierra, se le permite retener la humedad, tan indispensable para las plantas. Si la tierra no está removida, el agua de las lluvias ó del riego pasa por la superficie sin penetrar en el interior, ó permanece estancada, causando muchos perjuicios á la vegetación. Ésta es una de las razones por qué los buenos labradores desmenuzan la tierra hasta considerable profundidad, y así obtienen mejores cosechas de las tierras.

La capilaridad permite también que los alimentos de la planta, que se hallan en el suelo disueltos en la humedad, lleguen á las raíces y luego á las demás partes de las plantas.

No olvidemos que la capilaridad es un efecto de la atracción entre el líquido y la superficie de los objetos que se hallan en contacto con él. Así, pues, cuando los líquidos suben de este modo venciendo la atracción de la Tierra, es otra atracción la que suministra la fuerza necesaria.

VII

TRANSPORTE DE LOS OBJETOS

La vida sería poco menos que imposible si los objetos debiesen permanecer siempre en el mismo lugar de la Tierra. Discúrrase sobre las ventajas que la locomoción ofrece al hombre y á los animales. Considérese que aun las plantas, que se hallan fijas en el suelo, esparcen sus semillas en zonas á veces considerables, extendiendo de este modo su influencia más allá del lugar en que se encuentran.

Convérsese sobre la importancia del transporte terrestre. Nómbrense algunos alimentos ú otros productos que obtenemos mediante el transporte, desde los lugares donde se producen.

Ya podemos comprender, por lo tanto, que el hombre se ha visto siempre en la necesidad de transportar los objetos.

En los principios de la civilización, dicho transporte se hacía utilizando la fuerza de los animales ó la del hombre mismo. De esa manera los egipcios, así como los antiguos indios, peruanos y mejicanos, acarreaban las pesadas piedras de que se servían para levantar sus monumentos. Mas este trabajo es necesariamente lento, y además la fuerza de los animales y del hombre es limitada. Se ha observado, á este propósito, que relativamente á su tamaño, el hombre posee menos fuerza que los pequeños seres de la creación. Todos hemos podido observar, en efecto, que una mosca es capaz de soportar su propio peso durante horas enteras; cosa que no puede hacer el hombre. La Fig. 105 muestra una

mosca que sostiene con las patas un peso muchísimas veces mayor que el suyo propio. Si el hombre poseyese relativamente la misma fuerza, sería capaz de levantar el enorme peso que indica la figura.

Es claro que el hombre ha procurado siempre efectuar el transporte de los objetos, de la manera más fácil. En la

Fig. 105.

remota antigüedad, careciéndose de máquinas de transporte, las piedras ó maderas se arrastraban por el suelo, como aun hoy día se cambian de lugar los árboles que se cortan con el objeto de utilizar la madera. Pero todos sabemos cuán difícil es á veces vencer el rozamiento entre el suelo y los objetos pesados que se arrastran.

Sin embargo, cuando el piso es liso, y especialmente sobre la nieve, los objetos resbalan muy bien; tanto, que un niño es capaz de conducir á grandes distancias pesos considerables.

Para apreciar mejor la dificultad con que se tropieza al arrastrar los objetos que rozan el suelo, haremos el siguiente experimento:

Experimento 72.—Colóquese un libro horizontalmente sobre una mesa, y fijando en él un hilo, ejérzase la tracción suficiente para arrastrarlo. Repítase el mismo ejercicio, haciendo descansar el libro, no ya directamente sobre la mesa, sino sobre dos lápices que sirvan de rodillos. ¿En qué caso se consigue arrastrar el libro más fácilmente? Obsérvese

si se produce algún rozamiento mientras el libro resbala sobre los lápices.

Este sistema se usa todavía para arrastrar objetos pesados, y la Fig. 106 muestra cómo, por este medio, se cambió de sitio un inmenso arco de hierro, que pesaba muchos centenares

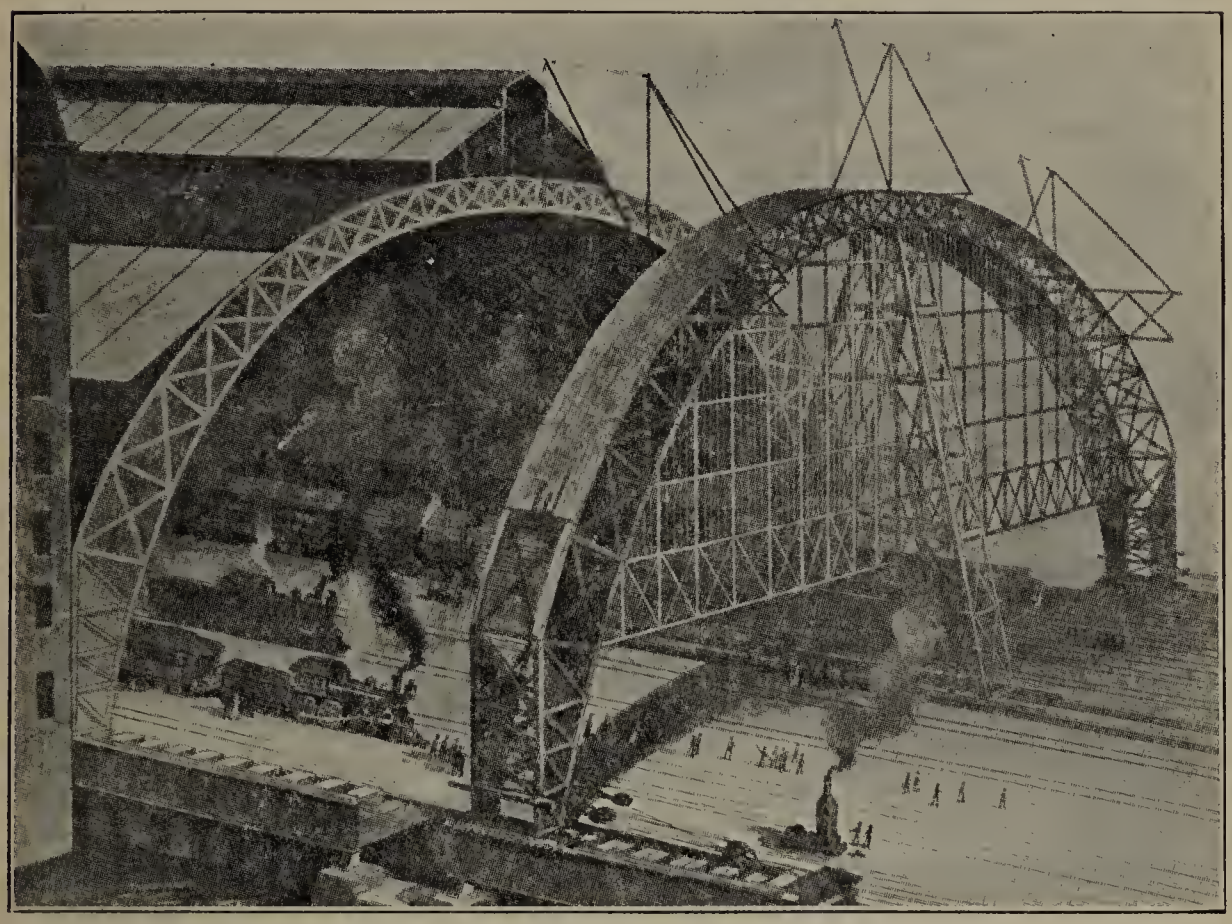


Fig. 106.—Transporte de un arco de hierro.

de toneladas. El extremo del arco descansa sobre muchos rodillos, y un motor á vapor lo hace deslizar sobre ellos. Obsérvese el uso que se ha dado á las poleas.

LAS RUEDAS Y SUS APLICACIONES

Por útiles que sean los rodillos, no pueden aprovecharse en todos los casos en que se desea transportar objetos á grandes distancias. Es fácil comprender que un vehículo no

podría andar rápidamente sobre rodillos. Ya empezamos á convencernos de que las ruedas que giran sobre un eje que se halla fijo á la caja del vehículo, son aparatos sumamente útiles, pues participan de las ventajas de los rodillos, sin ofrecer sus inconvenientes.

Fig. 107.

Se dice, en efecto, que la rueda fué considerada por los antiguos como una invención maravillosa; siendo esa máquina, al parecer, venerada por ciertos pueblos de la antigüedad. Se han encontrado pinturas y piedras labradas, donde la rueda se halla representada como el emblema de la inventiva humana.

Efectivamente, gracias á ella, un hombre puede transportar objetos pesados á grandes distancias. La Fig. 107 muestra claramente cómo un corto número de hombres puede cambiar de lugar un pesado cargamento de maderas.

Estudiemos más de cerca el aparato que se llama rueda, á fin de comprender por qué razón los objetos parecen más livianos cuando se arrastran mediante su auxilio.

Experimento 73. — Tomemos un carretel de hilo, y por su conducto central introduzcamos un lápiz, teniendo cuidado, sin embargo, de que el carretel

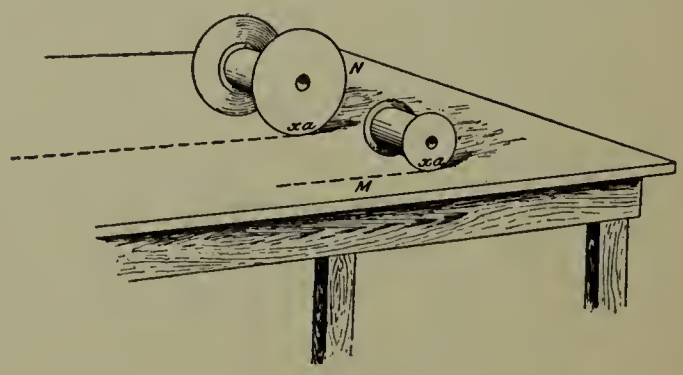


Fig. 108.

pueda rodar alrededor del lápiz como una rueda sobre su eje (Fig. 108).

Hágase rodar el carretel sobre un papel, de modo que recorra una distancia igual á la longitud de su borde, lo que puede conseguirse fácilmente haciendo una señal en un punto cualquiera de la circunferencia del carretel, y haciéndolo luego rodar hasta que la señal haya dado una vuelta completa.

Al hacer esto, es claro que cada uno de los puntos que se hallan en el conducto central del carretel, ha dado una vuelta completa alrededor de la superficie del lápiz, siendo tal rozamiento el único que ocurre mientras la rueda recorre la distancia expresada.

Ahora agrandemos la rueda que hemos construído, hasta darle un tamaño doble. Esto lo conseguiremos fácilmente, pegando en los extremos del carretel dos círculos de cartón de un diámetro dos veces mayor que el del carretel.

Hagamos rodar esta rueda una distancia igual á la señalada anteriormente. ¿Cuánto se ha movido ahora la rueda alrededor del eje, para andar la misma distancia que la otra?

¿Cada uno de los puntos del conducto interior del carretel al resbalar sobre la superficie del eje, ha dado una vuelta completa?

¿En qué caso el rozamiento de la rueda sobre el eje ha sido menor?

Si en lugar de un lápiz, el eje de nuestra rueda hubiese sido una aguja ¿habría sido mayor ó menor el roce? ¿Habría sido más fácil ó más difícil arrastrar la rueda?

El roce de las ruedas sobre los ejes, con ser tan pequeño relativamente al que harían sobre el suelo los objetos que se transportan por medio de aquéllas, es sin embargo, considerable, y se ha tratado de reducirlo, con el objeto de hacer más fácil todavía el transporte de las cosas. Recientemente se ha

inventado un sistema de ruedas, como lo muestra la Fig. 109, en el cual los ejes no rozan sobre el conducto central de la rueda, sino que se apoyan sobre bolillas de acero, las cuales ruedan sobre la superficie del eje, como los rodillos del experimento 72. Las ruedas de las bicicletas, de los automóviles, de algunos carruajes y de ciertas maquinarias se montan sobre tales bolillas de acero.

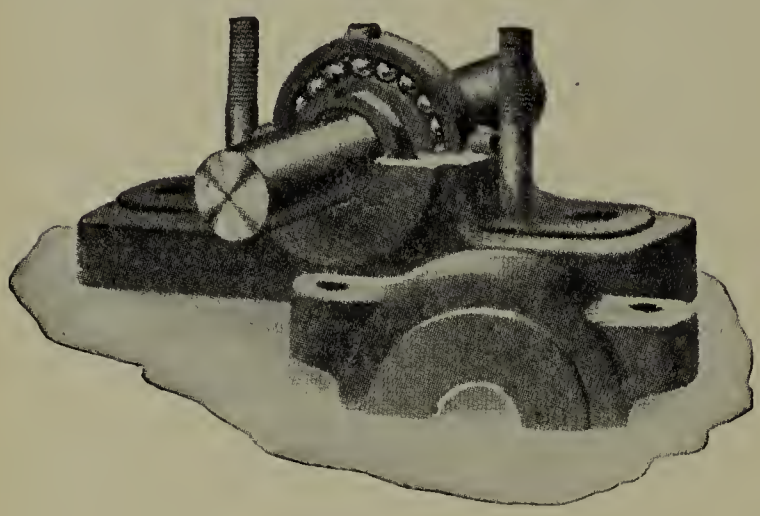


Fig. 109.

Durante muchos siglos, los carros han sido arrastrados por animales (bueyes, caballos, etc.); pero la necesidad de transportar rápidamente personas y objetos, ha obligado á aumentar la velocidad de los vehículos, reemplazando la fuerza de los animales por la de maquinarias especiales que mueven las ruedas de los vehículos.

Todo el mundo conoce ya las locomotoras que arrastran los trenes con velocidad que pasa á veces de 180 kilómetros por hora; distancia que nuestros antepasados no habrían podido recorrer en menos de treinta horas de continua marcha en diligencia.

Las locomotoras modernas son verdaderos monstruos de hierro, cuyo peso excede á veces de 100 toneladas, ó sea el peso de mil quinientos hombres. La Fig. 110 permite comparar la estatura de un hombre, con el diámetro de las ruedas de las locomotoras de los trenes expresos modernos.

Muchos de Vds. han observado quizá cómo las ruedas de las locomotoras suelen resbalar sobre los rieles cuando éstos

se hallan humedecidos. Se explicarán, por lo tanto, que las locomotoras comunes no convienen cuando se trata de arrastrar trenes por pendientes muy pronunciadas. Entonces se emplean locomotoras semejantes á la representada

Fig. 110.

en la Fig. 111. Observen la rueda dentada que engrana en el riel central.

Ya que tratamos de las vías, hay que decir que las locomotoras presentan un grave inconveniente, pues no pueden apartarse del camino fijado por los rieles. Los tranvías

ofrecen también, como se sabe, este inconveniente. En los últimos años, sin embargo, ha progresado mucho la fabricación de *automóviles*, que son vehículos parecidos á las locomotoras, pues llevan también consigo la maquinaria necesaria para mover las ruedas, diferenciándose, empero, de las locomotoras, en que no corren sobre rieles. Los automóviles andan con una velocidad considerable; casi tanta como la de las más rápidas locomotoras. El automóvil de la Fig. 112 fué

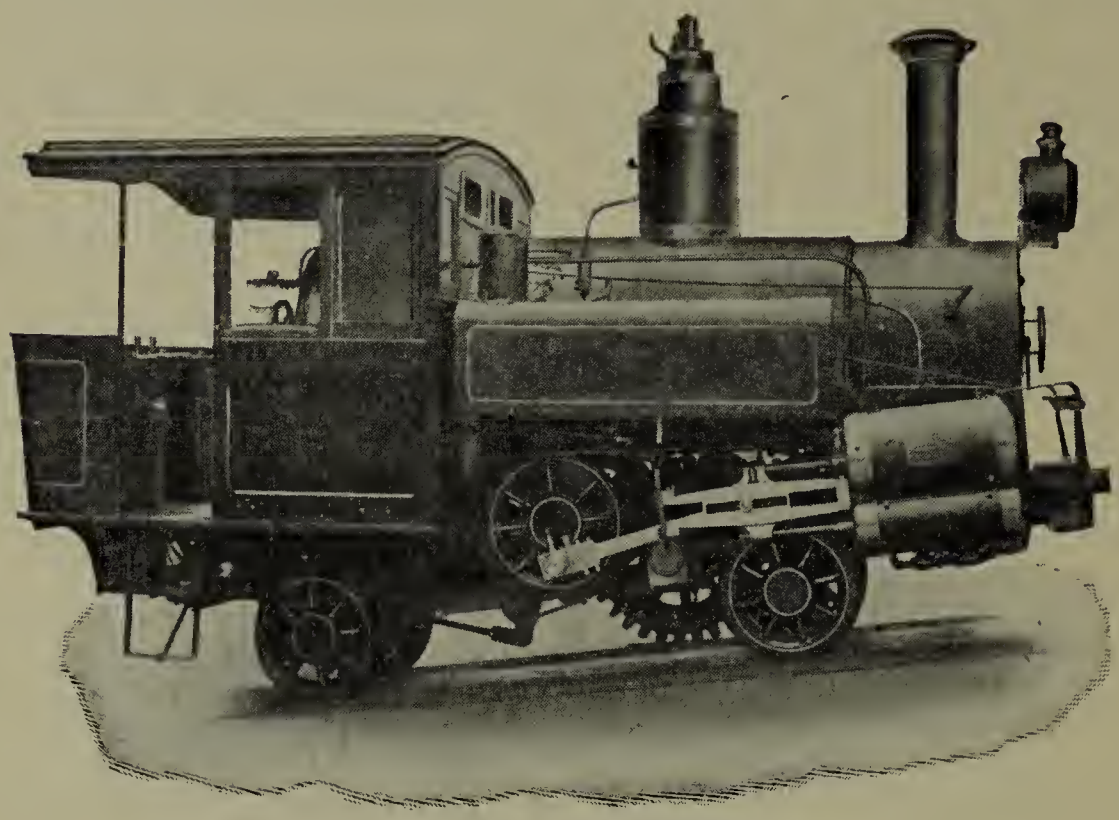


Fig. 111.

fotografiado después de recorrer en 16 horas una distancia igual á la que hay entre Santiago de Chile y Buenos Aires; más ó menos la misma que hay entre los dos puntos extremos del límite norte de México.

La bicicleta es también un vehículo muy útil. Las que se construyen en el día tienen los ejes montados sobre bolillas de acero, de que tratamos al referirnos á la Fig. 109. Observen la bicicleta representada en la Fig. 142. ¿Para qué

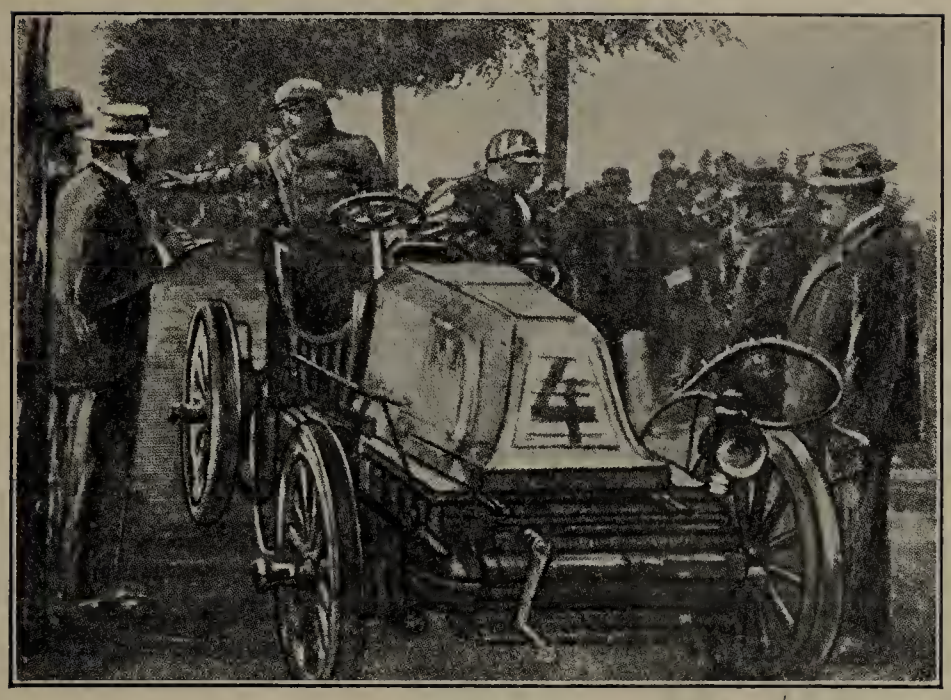


Fig. 112.

sirve la cadena que une la rueda del centro con la de atrás? ¿Qué sucedería si la rueda del centro fuese más chica? ¿Y si fuese más grande aún?

DIFERENTES CLASES DE PORTADORES

En algunas ciudades se han substituído los vehículos por caminos ó aceras movibles, que son largas bandas formadas por listones de madera, dispuestos uno al lado de otro. Tales bandas son semejantes á las *correas sin fin*, que sirven para comunicar el movimiento de unas ruedas á otras. Como aquéllas reciben el movimiento de grandes ruedas colocadas en los extremos. La Fig. 113

Fig. 113.

representa una de estas aceras movibles que se encuentra en un parque de París. Los paseantes son transportados por los jardines sin necesidad de dar un paso, aunque los pasajeros pueden andar por la acera movible si lo desean.

Fig. 114.

Un medio semejante se usa con alguna frecuencia para el transporte de objetos. En ciertas ciudades, la basura recogida diariamente por el servicio público, se conduce en carros á un gran depósito, donde se quema; pero antes de entregar la basura al fuego, se la va desparramando

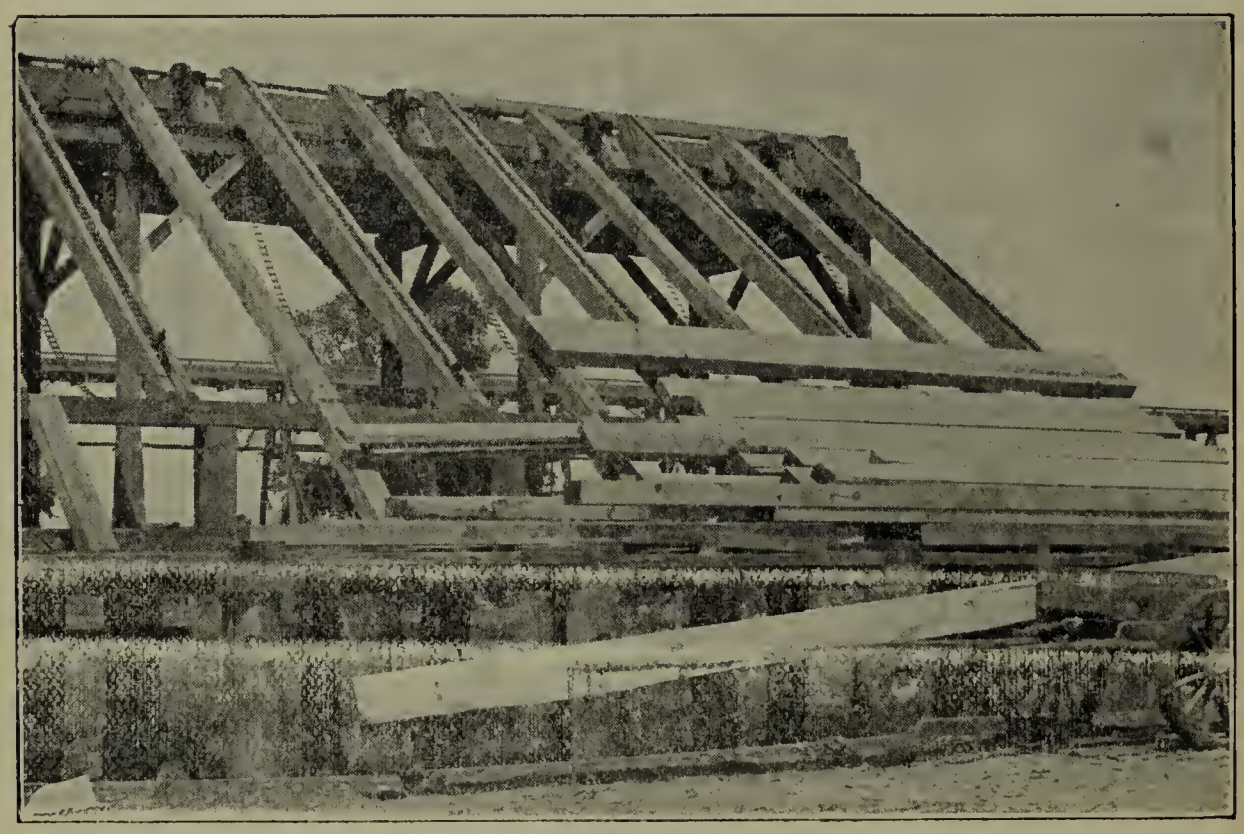


Fig. 115.

en una acera movible ó "portador" de la clase descripta. Tal portador, hecho de cuero ó lona, que corre á la altura de un metro del suelo, lleva la basura frente á varios obreros, quienes retiran de los desperdicios, á medida que éstos

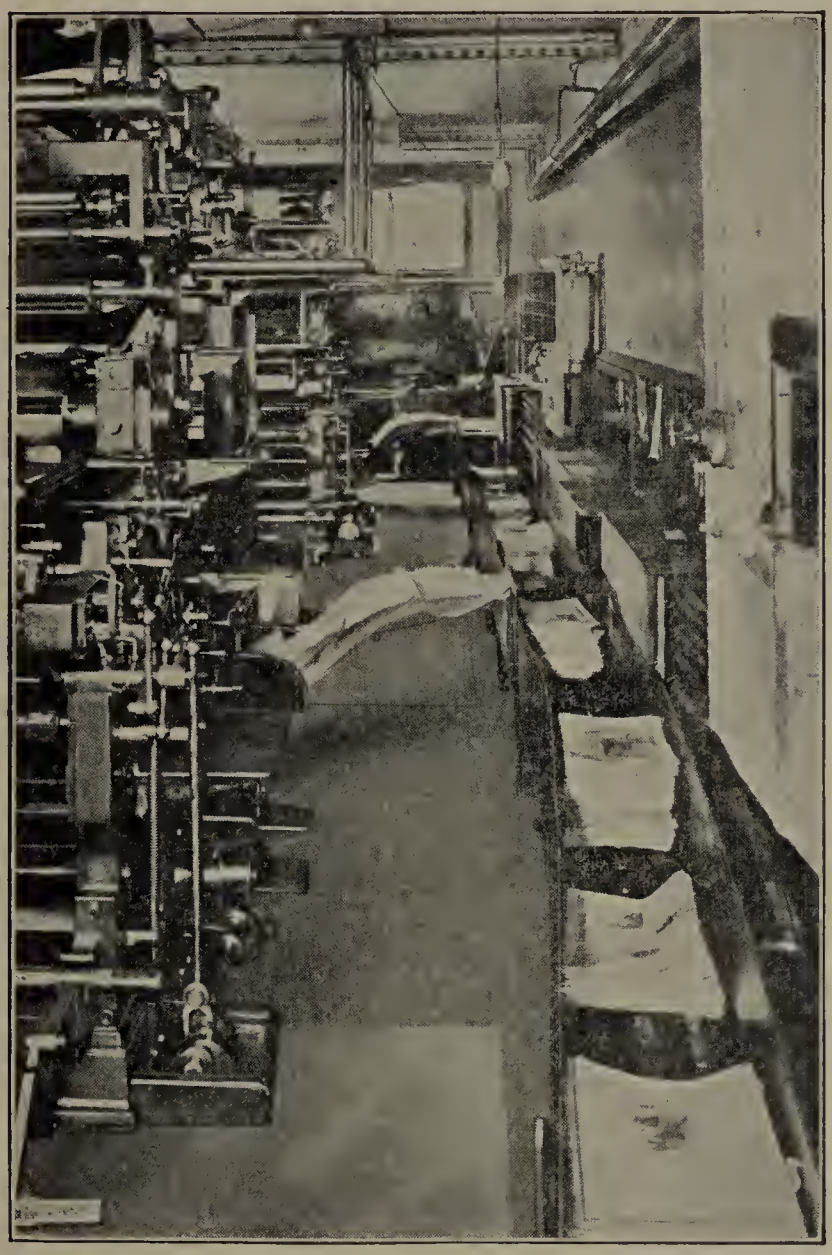


Fig. 116.

pasan, los objetos que aun pueden prestar utilidad, ó las sustancias que se hallan en condiciones de ser aprovechadas por la industria. Uno de ellos, por ejemplo, recoge los objetos de vidrio; otro escoge sólo los trapos viejos; éste los

tapones de corcho; aquél los huesos, el de más allá el cuero, etc. (Fig. 114).

También se usan las aceras movibles en ciertas minas, para transportar los minerales de un lugar á otro.

En los grandes aserraderos de maderas, las vigas se elevan por medio de cadenas provistas de garfios, siendo luego depositadas en una plataforma por donde corre una acera movible que las transporta al depósito (Fig. 115).

El mismo sistema se usa también en algunas imprentas, cuando es menester transportar un considerable número de periódicos desde las prensas al departamento de distribución (Fig. 116).

El sistema de portadores permite la conducción de objetos en todo momento, lo que no puede hacerse cuando aquéllos se transportan por medio de vehículos, á menos que el número de éstos sea considerable. Así, pues, el método de conducción de que tratamos es útil en las fábricas ó en otros establecimientos donde se descargan productos continuamente. Ya hemos dicho que los minerales de las minas suelen distribuirse por este medio.

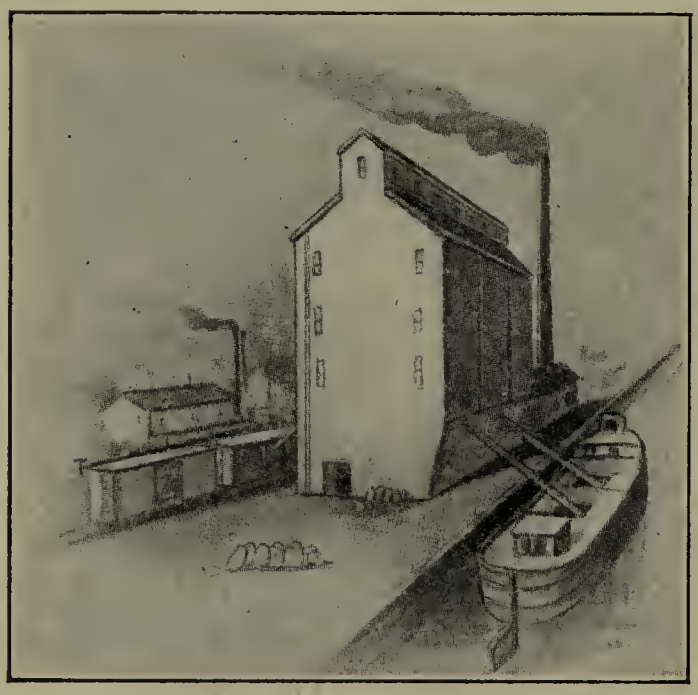


Fig. 117.

El trigo y otros granos se transportan de una manera semejante en el interior de los almacenes, cuando llega el momento de cargarlo en los buques (Fig. 117). Las correas de cuero que lo conducen están dispuestas de tal modo, que

mediante una sencilla operación, el grano puede hacerse caer en grandes embudos, de donde parten tubos por donde el grano cae á los graneros de los buques.

Los elevadores de granos se hallan generalmente en los puertos y á los lados de las vías férreas. Primeramente, el grano se descarga de los vagones por medio de norias (V. Fig. 93), cuyos cangilones de latón están fijos á una correa sin fin. En el interior de los almacenes, las otras correas de cuero de que hemos hablado, transportan el grano á los tubos por donde aquél pasa finalmente á los buques.

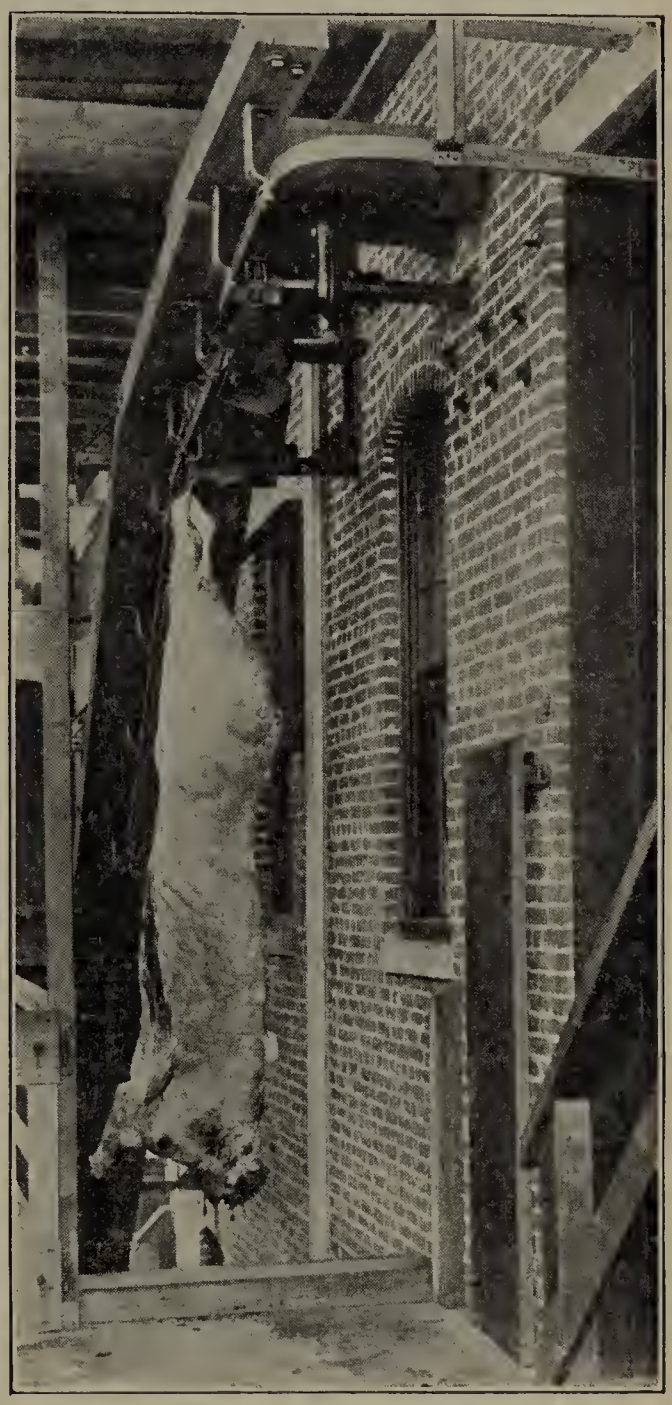


Fig. 118.

Una clase de noria semejante á la descrita se usa en los molinos para hacer subir la harina desde el lugar donde se muele el trigo al departamento donde la harina se embolsa.

En los grandes mataderos en que se sacrifica gran número de animales, la conducción continua de éstos es indispensable. La Fig. 118 representa un aparato que transporta los animales desde el lugar donde se les sacrifica, al refrigerador.

Un sistema muy original que se emplea para transportar las cenizas de las locomotoras, es el representado en la Fig. 119. Las cenizas caen en una alcantarilla, y pasan por medio de un tornillo espiral que da vuelta constantemente á una serie de baldes semejantes á los de las norias, que las conducen á una altura, desde donde caen sobre vagones que finalmente las transportan á ciertas fábricas, donde se las utiliza como materia prima.

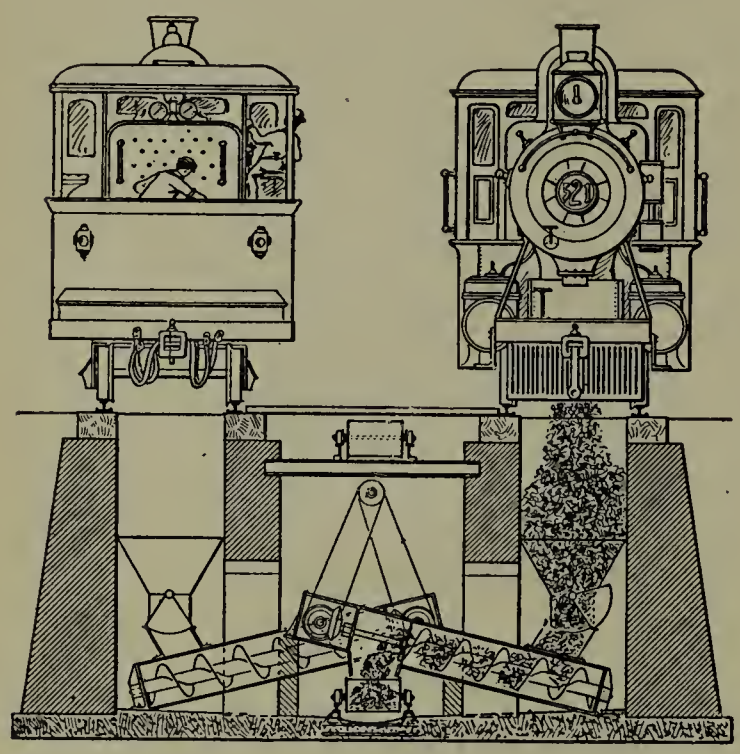


Fig. 119.

Hay otro sistema de transporte, fundado en un principio semejante al de las correas continuas. Los barriles son recibidos en dos brazos sujetos á la cadena que en esta máquina reemplaza la correa continua. Al llegar al extremo superior, los barriles se desprenden por sí solos de los brazos y van rodando por un plano inclinado al departamento de distribución.

El aparato anteriormente descripto ¿no nos enseña que el plano inclinado es un buen auxiliar para el transporte? ¿Cuál es la fuerza que efectúa el transporte de los objetos que corren por un plano inclinado?

La Fig. 120 muestra la manera de descargar la lana desde los depósitos de las estaciones de ferrocarril. También se emplea ventajosamente este medio en algunas oficinas de correo, cuando es menester remitir rápida y constantemente, objetos

Fig. 120.

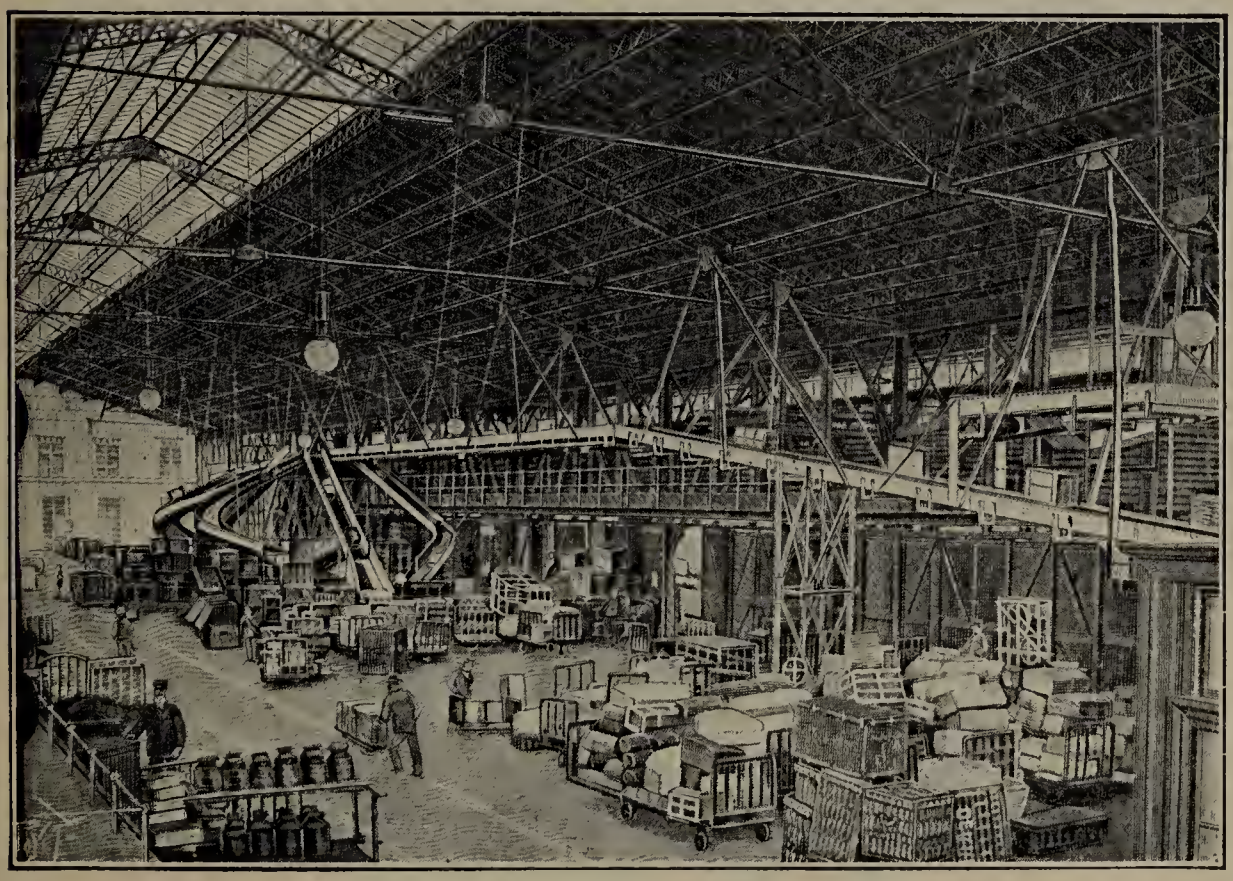


Fig. 121.

en grandes cantidades. La Fig. 121 representa una estación de ferrocarril en París, donde diariamente se reciben más de 20,000 paquetes que es necesario remitir en diferentes direcciones.

ALAMBRECARRILES

Un alambre tendido entre dos lugares que se hallan á diferente altura del suelo, constituye un aparato que puede desempeñar el mismo papel que un plano inclinado. En una

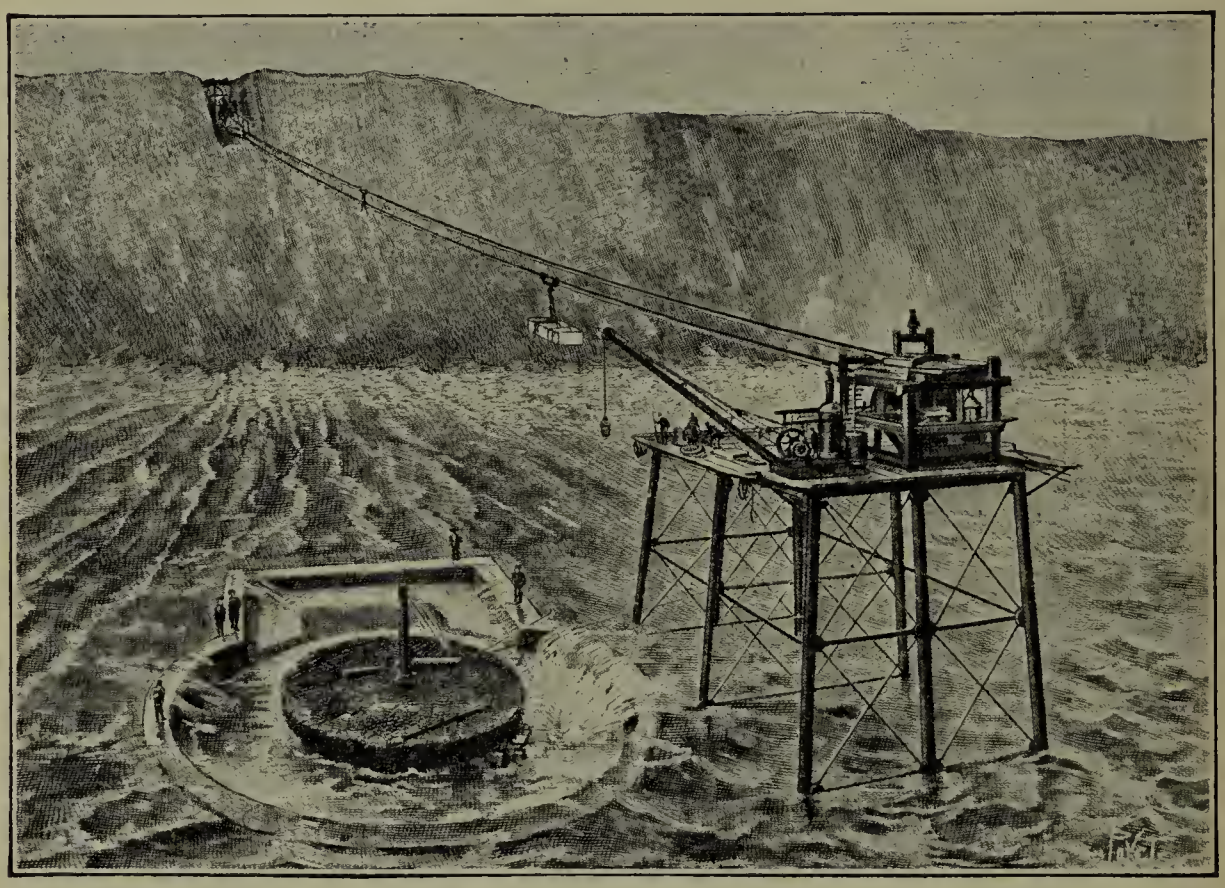


Fig. 122.

mina, los minerales se cargan en carros que pueden descender suspendidos de una rueda que corre por un alambre.

Los buques que no pueden aproximarse á las costas, por no ser suficiente en ellas la profundidad del agua, se proveen de carbón por medio de cables tendidos desde la orilla. La Fig. 122 muestra la manera de conducir los materiales para

la construcción de un faro. ¿Qué otra máquina se ve en la figura? ¿Qué ventajas ofrece en este caso dicho modo de transporte?

Los aparatos que sirven para la conducción por medio de cables, se conocen con el nombre de *alambrecarriles*, y se usan mucho en la industria. En algunos países se emplean para el transporte de la correspondencia. Hasta se ha

Debido á la cortesía de "H. K. Porter Co."

Fig. 123.

llegado á adaptar un pequeño motor á la rueda, y de este modo el vehículo puede recorrer considerables distancias en lugares donde no hay declive.

Véase ahora la Fig. 123. Representa el interior de una fábrica de locomotoras. Es posible imaginar cuan pesados son los objetos que es menester transportar allí de un lado á otro. Para realizar estas operaciones en el menor tiempo posible, se suelen disponer tirantes ó vigas de hierro, las cuales pueden correr por medio de rieles, de uno á otro extremo del edificio. Á su vez, dichas vigas llevan rieles en su parte supe-

rior, y sobre ellas corren ruedas, de las que penden los objetos que se quiere transportar. En la figura mencionada, una locomotora está suspendida en el aire para ser cambiada de sitio. Obsérvese el empleo que se ha dado á las poleas.

OTROS MEDIOS DE TRANSPORTE

Observarán Vds. sin duda, que no son éstos los únicos medios de que nos valemos para transportar los objetos de un lugar á otro. Una manera sencilla de hacer esta misma

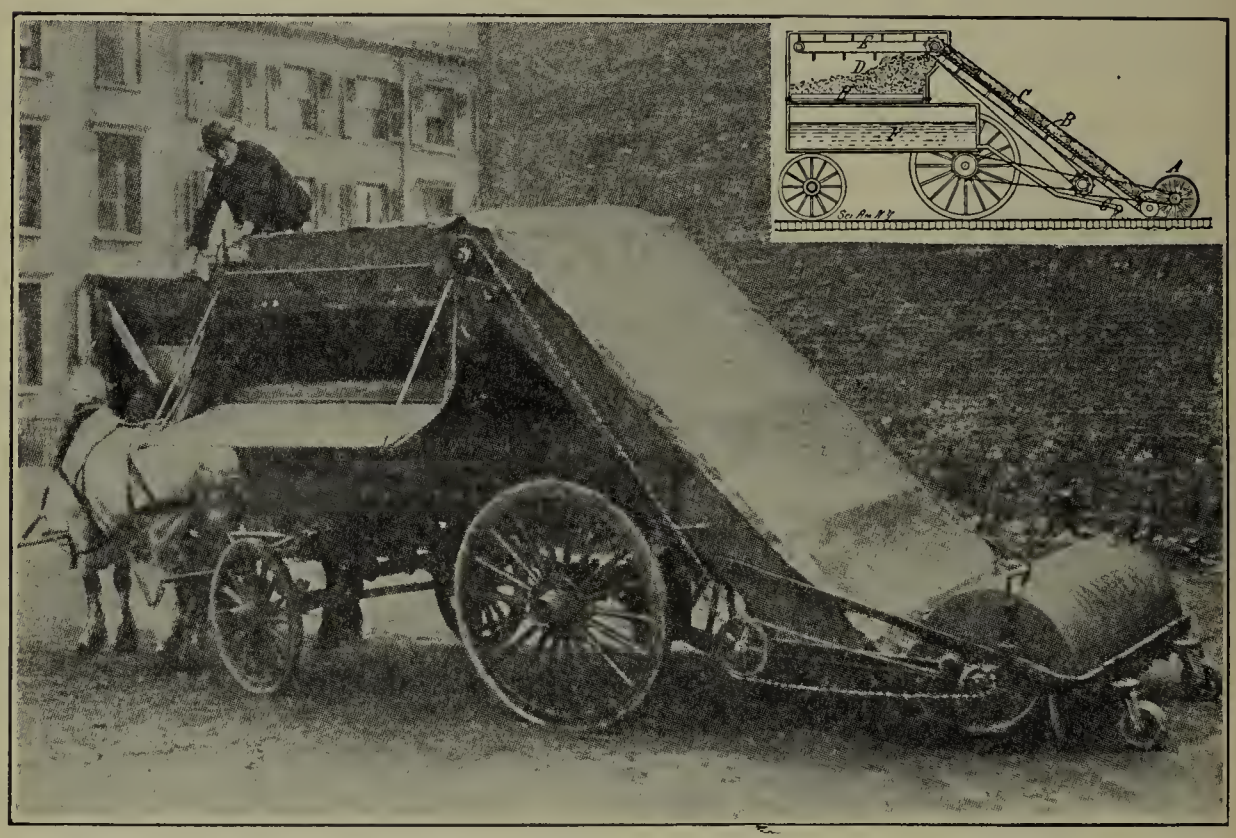


Fig. 124.

operación sin necesidad de emplear vehículo alguno, consiste, como todos sabemos, en arrastrar los objetos por el suelo ó empujarlos de mil maneras, como sucede con la broza que se barre con la escoba.

Así, pues, la escoba es también una máquina que tiene un oficio semejante al de los aparatos que llevamos descritos.

Debe hacerse notar, sin embargo, que aunque el acto de barrer una habitación es una operación sencilla, no lo es el transportar las basuras de un camino ó de una gran ciudad; labor que requiere aparatos costosos y la cooperación de muchas personas. Muchos de Vds. han visto tal vez los carros con que se barren las calles de las ciudades: llevan en su parte posterior un aparato en forma de cepillo cilíndrico, que gira sobre sí

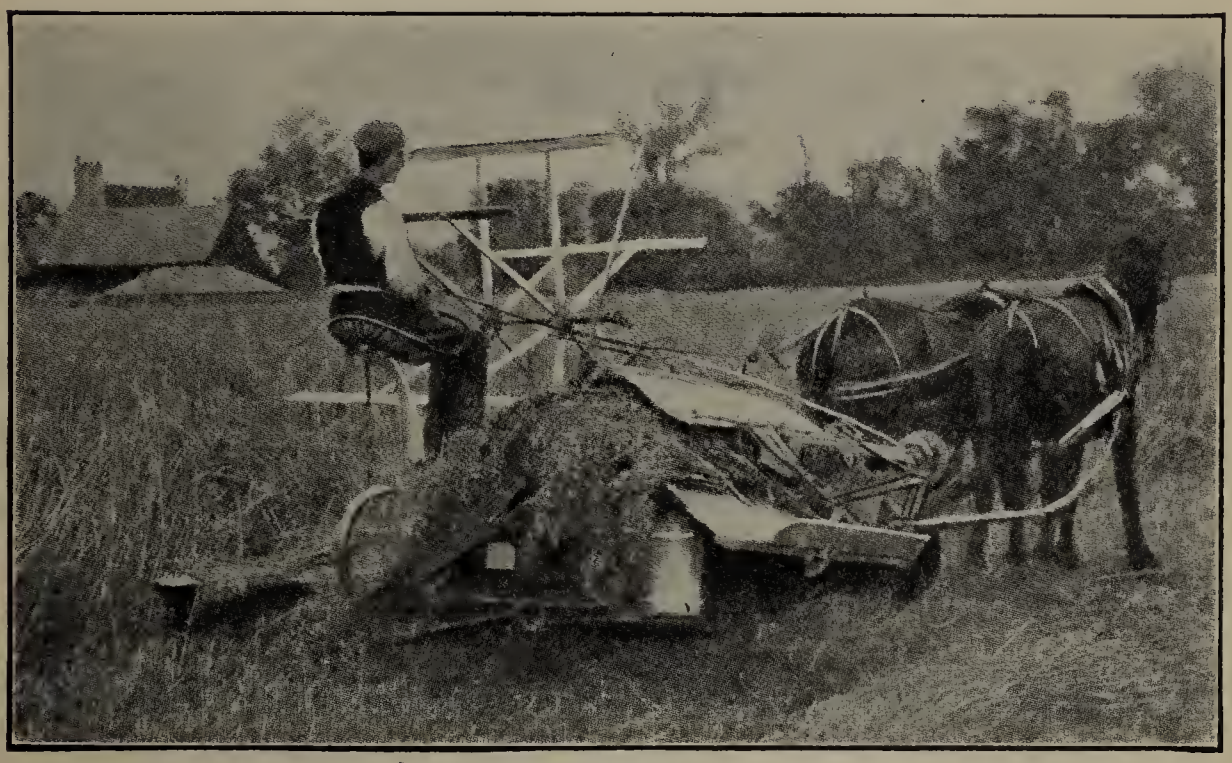


Fig. 125.

mismo gracias al movimiento que le comunica la rueda del carro, cuando éste se pone en marcha. Estos carros apartan la basura del centro de la calle y la depositan en la orilla, de donde la recogen luego los empleados encargados de este trabajo.

Algunas de estas máquinas, en vez de dejar la basura en el suelo, la conducen al carro por medio de una banda de tela que se pone en movimiento cuando el carro anda (Fig. 124).

Uno de los ángulos de esta figura muestra que los desperdicios caen en un depósito, D, debajo del cual se encuentra

un tanque, F, que contiene agua, la que va cayendo al suelo humedeciéndolo antes de que pase sobre él el rodillo barredor. De ese modo se evita que se levante polvo al paso del rodillo.

Una máquina semejante á la que se acaba de describir, corta el trigo y lo conduce por entre dos bandas de tela á un punto en que se encuentra un aparato que ata los haces en gavillas. La Fig. 125 muestra esta máquina realizando esa operación.

Todos conocemos los rastrillos de mano y las rastras tiradas por caballos, mediante las cuales se transporta el pasto que la máquina cortadora ha dejado en el suelo; pero hay un aparato más útil aún. Fijándolo á la parte posterior de un carro, dicha máquina recoge el pasto del suelo, y luego unas cadenas armadas de garfios lo conducen al carro.

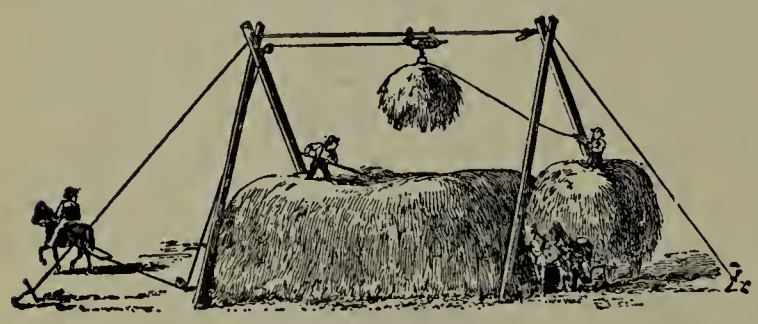


Fig. 126.

Nótese el empleo que puede darse á las poleas y al alambre-carril en la operación de amontonar el heno en hacinas ó parvas (Fig. 126).

TRANSPORTE DE LOS OBJETOS POR MEDIO DEL AGUA

Al estudiar los efectos de la atracción de la Tierra sobre los líquidos, comprendimos por qué flotan la madera, el corcho, etc., es decir, los cuerpos que pesan menos que el agua.

Todos hemos observado alguna vez cómo el agua transporta en su superficie las hojas, las ramas y hasta los pesados troncos que caen de las corrientes. Se comprende, pues,

que nada es más fácil que transportar madera aprovechando la corriente de los ríos, á condición de que el punto de destino se halle . . . (¿río abajo ó río arriba?).

El lecho de los ríos es, pues, un plano inclinado. ¿Qué fuerza es la que obliga al agua de los ríos á correr? ¿Qué fuerza se utiliza, por lo tanto, al transportar objetos, aprovechando la corriente de los ríos?

Nos explicamos perfectamente por qué flotan en el agua grandes vigas; y, por lo tanto, comprendemos por qué no se hunden los botes y lanchas de madera; pero sabemos que hoy día se construyen navíos de hierro, que sopor-

Fig. 127.

tan una carga inmensa, y que, sin embargo, flotan en el agua como si estuviesen construídos con una sustancia más liviana que el agua.

Para que se tenga una idea aproximada del peso colosal de esos buques, basta considerar que para arrastrar uno de ellos sobre rieles se necesitarían ocho locomotoras, y que la resistencia sería entonces equivalente á la de dos trenes de

una legua de largo cada uno (Fig. 127). ¿Cómo puede, pues, el agua sostener un peso tan enorme? Lo averiguaremos por medio del experimento que sigue.

Experimento 74.—Procurémonos tres tarros vacíos de latón, de los que sirven para guardar conservas. Quitemos las tapas, y colguemos dos de ellos en los extremos de una varilla que nos servirá de balanza (Fig. 128). Debemos tener cuidado de que los tarros *a* y *b* se mantengan en perfecto equilibrio. El tarro *b* tendrá el fondo horadado, y á través del orificio pasará un hilo provisto de un gancho, del cual colgaremos á su debido tiempo, el tercer tarro.

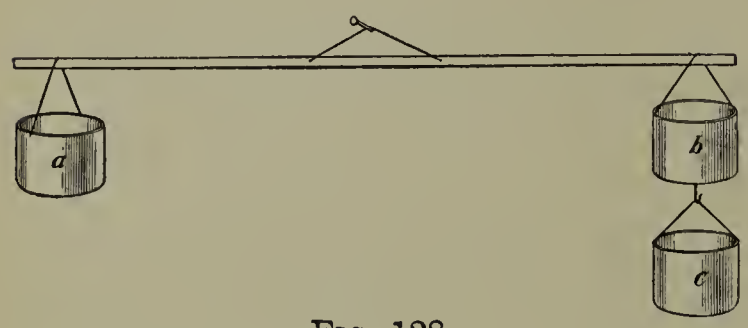


Fig. 128.

Preparada ya nuestra balanza con los dos tarros *a* y *b*, hagamos flotar el tercer tarro, *c*, en un depósito de agua. Echemos dentro algunas piedrecillas, que representarán la carga que lleva nuestro buque de metal. Procurando mantener horizontalmente el tarro de hojalata, marquemos la línea que separa la parte sumergida de la que se encuentra fuera del agua. Esa línea se llama *línea de flotación.*

Ahora averigüemos qué cantidad de agua tiene exactamente el mismo peso que el tarro y las piedrecillas que contiene. Para esto, usaremos nuestra balanza, colgando el tarro *c* debajo del tarro *b* y echando agua en el tarro *a* hasta que el equilibrio se restablezca. ¿Qué peso representa exactamente la cantidad de agua echada en el tarro *a*? Obsérvese si el agua vertida llega á la misma altura á que se encuentra la línea de flotación del tarro *c*.

Por lo tanto, cuando veamos un buque flotando en el

agua, podemos estar seguros de que por grande que sea su peso, es sin embargo menor que el peso del agua que todo el casco podría contener. Repitamos el experimento echando piedrecillas en el tarro *c* hasta que, debido al peso añadido, el tarro se hunda.

¿Qué cantidad de agua tiene exactamente el mismo peso

Fig. 129.

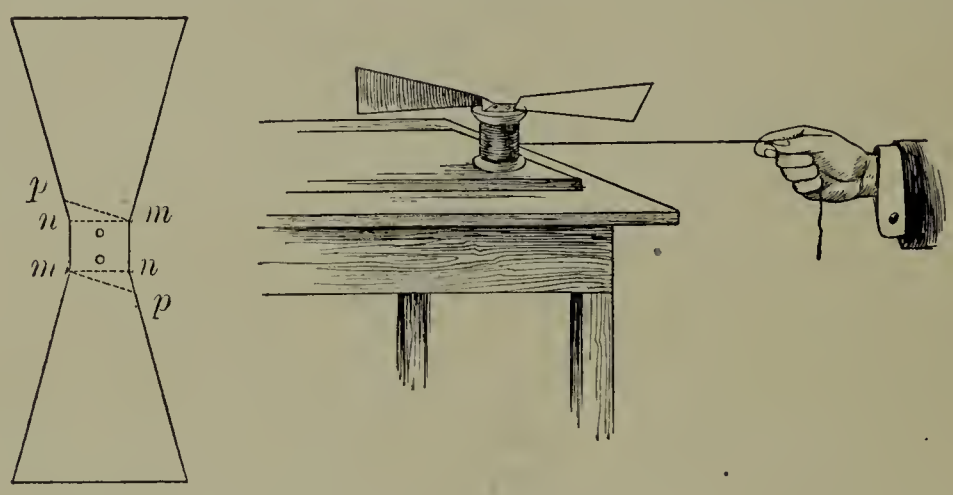
del tarro y su carga, en el momento en que aquél se hundió?

Así, pues, si un tarro flota en el agua cargado con piedrecillas, debemos suponer que su peso es menor que . . . (¿qué cantidad de agua?).

Y si un buque flota en el agua, debemos suponer, del mismo modo, que su peso, por grande que sea, es sin embargo, menor que . . . (¿qué cantidad de agua?).

EL REMO Y LA HÉLICE

Todos Vds. conocen los remos, aparatos muy útiles para hacer andar pequeñas embarcaciones. En la antigüedad los remos eran el único medio de que el hombre disponía, fuera de la fuerza del viento en las velas, para impulsar pequeños navíos. Cuando se aplicó la maquinaria en las embarcaciones, los primeros buques de vapor poseían remos movidos por un mecanismo que se hallaba en el interior del navío. Luego se reemplazaron los remos por paletas colocadas en el



A Fig. 130.

contorno de ruedas movidas por una máquina semejante á la locomotora.

Pero con este sistema, la velocidad máxima que podía obtenerse no era siquiera la mitad de lo que puede desarrollar un buque moderno. En éstos, el impulso recibido no proviene de remos ni paletas, sino de un aparato llamado *hélice*, el cual es semejante á los molinetes de papel, que giran cuando el viento choca contra las aspas.

Para comprender cómo se mueven los buques por medio de la hélice, vamos á construir un aparato muy sencillo, pero que, sin embargo, es exactamente igual á las grandes hélices de los vapores que cruzan el océano.

Experimento 75.—Tómese un trozo de latón, de unos 15 centímetros de largo, y córtese como lo indica A (Fig. 130). Dóblese luego en ángulo recto, primero por las líneas de puntos *m n* y luego por *m p*. Hagamos dos agujeros en el pequeño cuadrado central, y tendremos una hélice perfecta. Necesitamos ahora una máquina que la haga girar con rapidez, y la construiremos fácilmente con un carretel de hilo, en uno de cuyos lados habremos clavado dos clavitos sin cabeza, que deben entrar en los agujeros hechos en la hélice. Colocando

Fig. 131.—Anguila.

luego el carretel en un eje vertical (un clavo sirve para ello); fijando la hélice sobre el carretel y tirando luego del hilo, aquélla se escapa y se eleva en el aire. (Procúrese que el carretel gire en el sentido conveniente: de otro modo la hélice tenderá á bajar en vez de subir.) ¿Podemos explicar ahora por qué la hélice empuja los buques de vapor?

TRANSPORTE DE LOS ANIMALES

Acabamos de ver que el hombre inventa y usa máquinas para transportarse de un punto á otro; pero si observamos con atención, descubriremos que el hombre y los animales poseen en sus mismos cuerpos máquinas que les sirven para trasla-

darse á diferentes lugares. ¡Cuántas diferencias se observan cuando se estudian los diferentes modos que los animales tienen de moverse! Los gusanos y caracoles encogen y alargan su cuerpo elástico. La Fig. 131 representa una

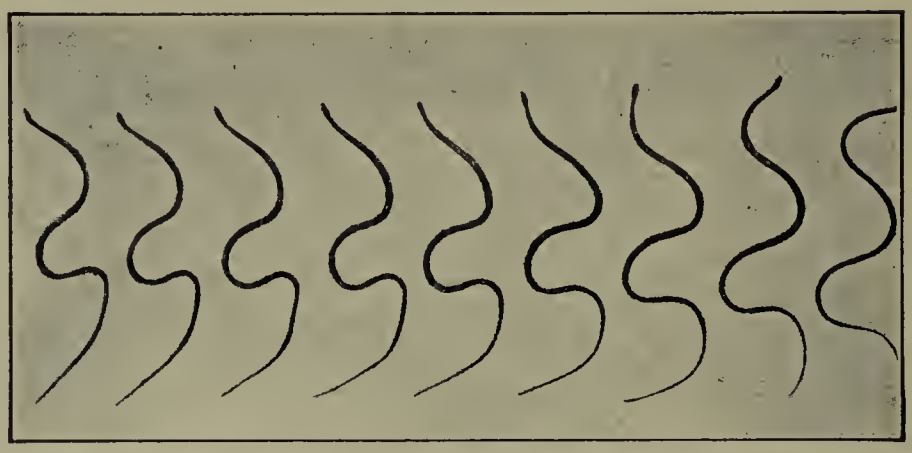


Fig. 132.—Movimientos ondulatorios de la serpiente.

anguila, señalándose en la parte superior del grabado la diferencia proporcional de tamaño, antes y después de alargarse.

Las figuras siguientes son fotografías instantáneas de un mismo animal, obtenidas con el propósito de estudiar las diferentes medios de que se valen los animales para transportarse de un lugar á otro. La Fig. 132 muestra que las ser-

Fig. 133.—Diferentes fotografias de un insecto andando.

pientes se mueven por ondulaciones laterales del cuerpo. Si se observan las figuras de izquierda á derecha, se notará fácilmente el movimiento lateral de la extremidad anterior del animal. Las arañas se sirven de sus ocho patas, moviendo dos de cada lado, mientras las demás sustentan el cuerpo;

los insectos se valen de sus seis patas, levantando tres mientras apoyan las otras tres en el suelo (Fig. 133). Las

Fig. 134.—Diferentes fotografias de una lagartija corriendo.

lagartijas se escurren rápidamente, mostrando una especie de trote; y teniendo algunas de ellas dedos planos, pueden correr por superficies lisas sin resbalar (Fig. 134). El caballo y demás cuadrúpedos usan los miembros de un modo seme-

Fig. 135.

jante. El hombre usa dos piernas, apoyándose en una mientras levanta la otra.

No sólo caminan los animales, sino que también saltan. El salto permite al tigre caer sobre su presa, y también ofrece á ésta el medio de huir rápidamente del tigre.

La fotografía representada en la Fig. 135 se tomó en el momento en que un célebre saltarín daba uno de sus mejores saltos. Como Vds. ven, el gimnasta se ha elevado á una altura tres veces mayor que su propia estatura. Éste es un buen salto para un hombre; aunque muchos animales nos aventajan, si se considera el tamaño de sus cuerpos. La pulga puede elevarse á una altura cientos de veces mayor que la de su cuerpo. Si el hombre pudiera hacer lo mismo, le sería fácil dar un salto como el que muestra la Fig. 136.

Fig. 136.

La navegación, que es un medio empleado por el hombre para cambiar de sitio ó para transportar los objetos, es igualmente un medio que la naturaleza utiliza en la locomoción de los animales. Los peces, en efecto, son semejantes á nuestros buques submarinos, y sus aletas se parecen á nuestros remos. Hay animales que poseen especies de velas, que el viento impulsa; y hasta ciertos movimientos ondulatorios de la cola de algunos peces, se asemejan á los de la hélice, como lo muestra la Fig. 137, reproducción de una serie de fotografías instantáneas de un pez de forma aplanada llamado

raya. Observando las figuras de arriba abajo, será fácil comprender cómo produce el animal los movimientos ondulatorios que impulsan su cuerpo en el agua.

Y ¿qué diremos de las aves? ¿No es maravilla que un pájaro atraviese lós aires sin temer á los vientos ni cuidarse de la altura á que se halla? Ellas no necesitan ruèdas, puentes ni túneles. Gracias á un instinto maravilloso, ciertas aves emigran á las regiones más calientes de la tierra, cuando el alimento comienza á escasear con la llegada del invierno. Entonces dichos pájaros, entre los que se cuentan la golondrina, el chorlo, etc., recorren distancias enormes, á veces mil leguas ó más, viajando con una velocidad dos veces mayor que la del más rápido vehículo eléctrico, encaminándose á los lugares donde pueden hallar gusanos, insectos y frutos con qué alimentarse. La Fig. 138 representa parte de una bandada de aves marinas que cruzan el mar durante su emigración á las regiones templadas. En el camino se alimentan con peces ó con los desperdicios arrojados de los buques. Algunas aves atraviesan sin descansar mares de considerable anchura, aunque se posan á veces en los mástiles de algún navío que encuentran al paso. Otras aves descansan flotando en las aguas cuando el mar está tranquilo.

Fig. 137.—Movimientos ondulatorios del cuerpo de algunos peces.

En las noches serenas de otoño y primavera, cuando se observa la luna con el telescopio, suelen verse bandadas inmensas de aves migratorias, destacándose sobre el fondo luminoso.

Las palomas llamadas *mensajeras* poseen la facultad de regresar al lugar donde han nacido, recorriendo, si es preciso, largas distancias á través del desierto ó del mar, sobrellevando los rigores del clima y la falta de alimento. En Europa casi todos los barcos de pesca llevan á bordo palomas mensajeras, para el caso de que ocurra algún contratiempo que los obligue á pedir auxilio á tierra.

Fig. 138.—Aves marinas.

¿Todos los insectos vuelan? Nómbrense algunos insectos que vuelan. Menciónense algunos insectos que no vuelan.

Muchos insectos alados emigran también, tales como algunas especies de mariposas y la langosta, que suele devorar las cosechas.

El hombre procura imitar por medio de máquinas el vuelo de los animales, con el propósito de viajar, como ellos, por el aire; pero hasta ahora ninguna de tales máquinas ha dado el resultado apetecido. La fotografía instantánea permite, sin

embargo, estudiar cada vez mejor el funcionamiento de las alas, habiéndose podido contar también, por este medio, los movimientos que ejecutan las aves. Se sabe, por ejemplo, que la mosca, al volar, mueve las alas 330 veces durante un segundo.

TRANSPORTE DE LOS VEGETALES, LAS TIERRAS, LAS AGUAS Y LOS VIENTOS

No sólo el hombre y los animales poseen medios de luchar contra la atracción de la Tierra. Las plantas, aunque inmóviles en el suelo, pueden enviar sus semillas á grandes distancias. Si no fuese así, ¿qué sucedería?

¿No han visto Vds. semillas rodeadas de pelillos, merced á los cuales aquéllas flotan en el aire y son impulsadas por el viento? ¿Conocen Vds. la semilla del algodonero? ¿No han oído hablar de semillas encerradas en una vaina que estalla y arroja el contenido á gran distancia? ¿Cuántas clases de semillas conocen Vds., parecidas al abrojo, y provistas como éste de púas que se adhieren á la lana de los animales?

Por último, hasta las piedras, las partículas del suelo, cambian constantemente de sitio, en la superficie de la Tierra, á pesar de la atracción de ésta. Tal transporte ofrece á veces al hombre ventajas considerables, que se utilizan en la industria. Todos Vds. saben que muchos ríos arrastran pepitas de oro, las cuales provienen de rocas que contienen este mineral, y han sufrido un desgaste lento, debido al paso constante de las aguas.

Pero las corrientes de los ríos no sólo arrastran arenas, sino también tierra vegetal de otras regiones, y esta mezcla de tierra de varias clases y procedencias aumenta la fertilidad de los lugares donde aquélla se deposita. La Fig. 139 muestra

Fig. 139.—Desfiladero abierto en la roca por las aguas de un río.

un profundo desfiladero abierto en el suelo por las aguas de un río; esto nos permite apreciar cuán grande puede ser á veces la cantidad de sedimento que los ríos depositan en su desembocadura. Así nos explicaremos fácilmente el que tales masas de tierra formen bancos y luego islas, que más tarde se unen á las costas y extienden de ese modo la superficie de los continentes. Las márgenes del río de la Plata, en la Argentina, y las islas que se hallan á su entrada, han sido formadas por tierra que alguna vez se encontró en el Brasil, Paraguay ó Bolivia, y del mismo modo, las avenidas del río Grande en México depositan tierra traída de las faldas de las montañas Roqueñas.

Debido al transporte de que hablamos, es fácil comprender que en ciertas costas el suelo se extiende constantemente, mientras que en otras el mar socava perpetuamente las tierras. Así se explica que muchos lugares que hoy se encuentran á gran distancia del mar se hallaran alguna vez en el fondo de las aguas, como lo prueban las salinas y los depósitos de esqueletos y conchas de animales marinos que suelen hallarse en tierra firme.

En cierta época, una gran parte de México y de la República Argentina estuvieron cubiertos por el océano Atlántico. Hubo un tiempo en que la tierra firme se extendía mucho más hacia el sur que ahora, uniendo la Patagonia, el África y Australia.

Cuando estudiemos el calor, veremos que las aguas de los océanos y el aire de la atmósfera circulan por el mundo constantemente, regularizando los climas y ayudando el transporte de los navíos.

He aquí, pues, cómo, no obstante la atracción de la Tierra, que constantemente se ejerce sobre los cuerpos, casi todo se mueve en la superficie de la Tierra: el hombre, los animales,

las simientes, el suelo y las aguas. Y si Vds. reflexionan que estas últimas son movidas por la atracción misma de la Tierra, comprenderán cómo esta fuerza puede luchar contra sí misma, disminuyendo las desventajas que tendría para nosotros la permanencia de las cosas en el mismo sitio.

VIII

LA COHESIÓN

LAS PARTÍCULAS DE LOS CUERPOS

Experimento 76.—Introduzcamos un cristal en arena ó en tierra fina, en harina ó en tiza pulverizada, y saquémoslo de nuevo. ¿Sale perfectamente limpio ó algo cubierto de polvo?

¿Desaparece enteramente el polvo si sacudimos el cristal, ó habrá que frotar el vidrio con un trapo? ¿Qué fuerza creen Vds. que es la que mantiene adheridos al vidrio los granitos de polvo?

Experimento 77.—Tómese tierra seca ó tiza en polvo, y golpéese con un martillo. ¿Les parece á Vds. que después de golpear las partículas de polvo, éstas se hallan más próximas las unas de las otras? ¿Qué indicios hay de que las partículas se atraen ahora con más fuerza que antes?

Este efecto es más notable, cuando las partículas de polvo sufren una compresión mucho mayor.

La arena y otras materias pulverizadas que las aguas de los ríos y de los mares arrastran consigo, acaban por caer al fondo y allí se depositan en cantidades inmensas. Como hemos visto ya, muchos lugares donde hoy existen ciudades, han estado en otro tiempo cubiertos por las aguas de ríos ó de mares, y el suelo de tales parajes muestra las capas de materia pulverizada depositada lentamente por las aguas (Fig. 139). Las que se hallan en las partes profundas y que

han soportado una presión enorme, aunque formadas en un principio por partículas separadas, se han transformado en sustancias sólidas, sumamente duras á veces. ¿Por qué?

Parece raro que las duras rocas que se extraen de esos lugares, hayan estado en un tiempo formadas por partículas sueltas, que el más pequeño esfuerzo podía separar. Pero, reflexionando en lo enorme de la presión sufrida por dichas partículas, comprenderemos que éstas deben haberse . . . (¿aproximado unas á otras ó alejado unas de otras?).

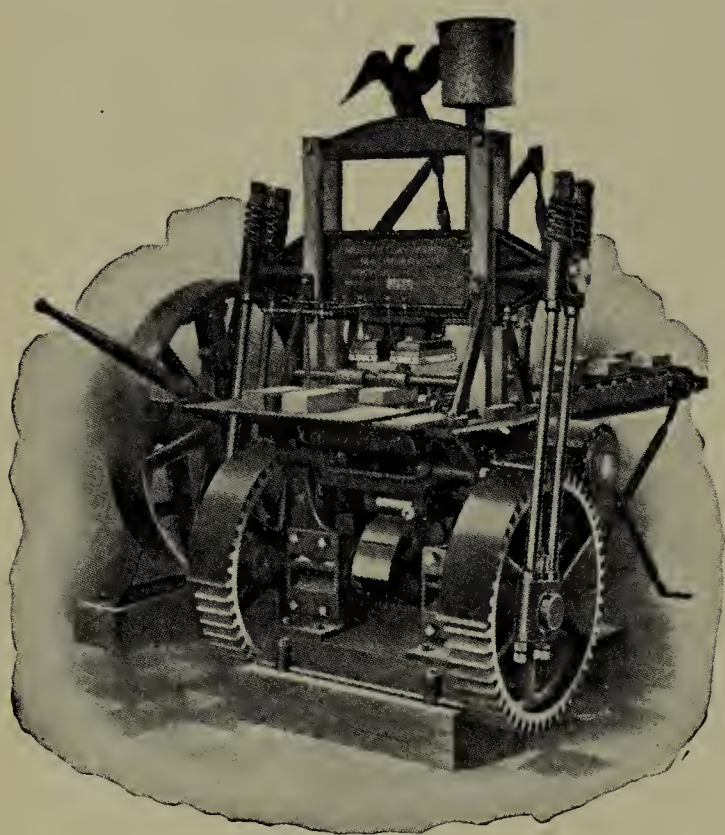


Fig. 140.

Ahora bien: la atracción que sabemos existe entre todas las cosas ¿es mayor cuando las sustancias que se atraen se hallan alejadas unas de otras ó cuando se encuentran muy juntas? Luego, ¿qué debemos pensar que sucede cuando muchas partículas sufren una presión que las acerca unas á otras?

La máquina representada en la Fig. 140 sirve para comprimir el polvo á fin de convertirlo en ladrillos sólidos por medio de una presión enorme. Esta compresión es tan considerable, que cada ladrillo sufre el peso de *cinco mil* personas. Y, sin embargo, por aproximados que se hallen en estos ladrillos las partículas que los componen, cuando se les introduce en el agua, cada uno absorbe, como si fuera una esponja, una cantidad bastante apreciable de líquido; lo cual prueba

que las partículas, aunque se atraen fuertemente, no se hallan, sin embargo, en perfecto contacto.

Explíquese por qué se emplean carros tan pesados como el representado en la Fig. 141 para apisonar las calles.

Podemos ahora concebir que todos los cuerpos, así sólidos como líquidos y gaseosos, estén formados por partículas que se atraen entre sí; partículas tan pequeñas, sin embargo, que no pueden percibirse á simple vista, aunque muchos experimentos nos demuestran claramente su existencia.

Experimento 78.— Echemos en una copa de agua algunos cristales de sulfato de cobre, ó de percloruro de hierro ó de permanganato de potasio. Observemos si los cristales introducidos en el agua disminuyen de tamaño. ¿Qué ocurre entretanto en el resto del líquido? ¿Cómo podemos explicar este fenómeno?

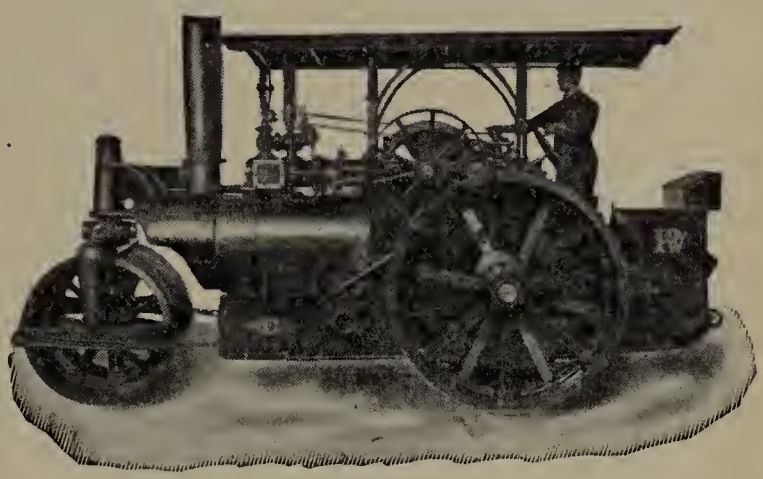


Fig. 141.

Un fragmento de tiza, de yeso ó de carbón indican claramente que esas sustancias están formadas de partículas, pues éstas se adhieren fácilmente á nuestros dedos, al pizarrón ó á nuestras ropas. Es natural pensar, sin embargo, que cada pequeño granito de polvo que se desprende de esos cuerpos, está á su vez formado de partículas más pequeñas reunidas este sí.

Los metales y las piedras que nos parecen tan duros y resistentes, llegan á gastarse también como la tiza ó el yeso. Las ruedas de los trenes se gastan continuamente, debido al roce con los rieles, y se ha calculado que con el acero gas-

tado de este modo en los ferrocarriles del mundo entero, cada año podría formarse una columna de 100 metros de altura y 20 de circunferencia.

Pero no sólo el roce de los cuerpos muy pesados, sino aun el contacto más ligero es capaz de gastar los metales más duros. ¿Cuántos de Vds. no han visto cómo el reloj de papá ó del abuelito se ha gastado por el solo contacto con las ropas? ¿Y no se observa lo mismo en las medallas y monedas antiguas, cuyos relieves han sido borrados por el contacto de las manos? En Europa hay imágenes de bronce que muestran las manos ó los pies gastados por el contacto de los labios de los fieles, que los han besado durante siglos. ¿No es maravilloso que las partículas, que por su reunión forman sustancias tan duras como el acero, no resistan, sin embargo, el más leve roce, sin separarse unas de otras?

Estos hechos, que se comprueban todos los días, han obligado á suponer que los cuerpos sólidos son, á este respecto, semejantes á la tiza, al yeso, al carbón, etc.; sustancias que, sin embargo de ser duras, abandonan sus partículas al más ligero roce.

También se ha supuesto, que no solamente los sólidos, sino también los líquidos, se hallan formados de partículas pequeñísimas; pues muchos de aquéllos pueden convertirse en líquidos por medio del calor; y del mismo modo se cree que los gases, que pueden ser reducidos al estado líquido por el enfriamiento, se componen también de partículas.

DIFERENTE DUREZA DE LOS CUERPOS

Lo dicho nos permite explicar que haya sustancias más duras que otras, suponiendo que las partículas de ciertos cuerpos se atraen más fuertemente que las de otros; diferencia semejante á la que hemos comprobado al estudiar la

atracción de la Tierra, pues vimos que ésta no atrae á todos los cuerpos con la misma fuerza.

Á los cuerpos que son fuertemente atraídos por la Tierra les llamamos cuerpos . . . Á aquellos cuyas partículas se atraen con mucha fuerza les llamamos cuerpos . . . ¿Todos los cuerpos pesados son duros? ¿El mercurio es pesado? ¿Es duro? Nómbrense algunos cuerpos que sean livianos y duros.

Fig. 142.

Cuando intentamos quebrar una aguja ó doblar un alambre, tenemos que hacer una fuerza considerable.

Un hombre muy fuerte, que hacía ejercicios en un circo, podía doblar entre los dedos una moneda de cobre. Pero, á pesar de su fuerza, no habría podido doblar un disco de acero del mismo tamaño que la moneda, porque el acero es mucho más duro que el cobre. Por eso los rieles, las ruedas de las locomotoras, los cortafierros, son de acero. Las bicicletas son también de acero. Observen una bicicleta y noten qué delgados son los rayos de sus ruedas. El peso del ciclista (Fig. 142), está en realidad colgado en parte de las varillas de acero que van del centro á la parte superior de las ruedas. ¿Podría la bicicleta resistir el peso de un hombre tan grande, si estuviese hecha de manteca, ó aun de plomo?

Si de los metales que hemos considerado pasamos á la cera

y á la manteca ¡qué considerable diferencia encontramos! Estas sustancias se deforman fácilmente si se las aprieta entre los dedos.

El aceite es todavía más blando que la grasa, aunque suele ponerse tan duro como ella cuando se le enfría mucho. ¿Y el agua? Es aún más blanda que el aceite; ¿se separan sus partículas con facilidad las unas de las otras?

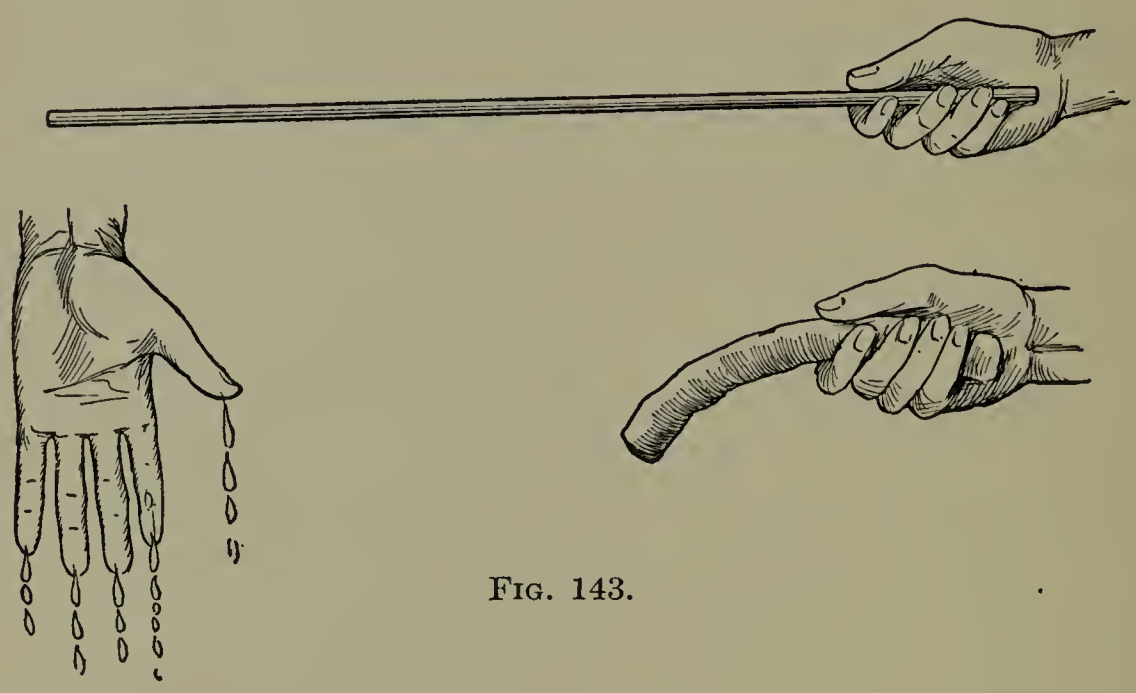


Fig. 143.

Observamos, por lo tanto, una considerable diferencia en la resistencia que hacen las diferentes sustancias á la fuerza que se ejerce sobre ellas. Mientras que los metales permiten que se mantenga horizontal una delgada varilla, sosteniéndola por un extremo sin que se quiebre, ¿podemos hacer lo mismo con la manteca? (Fig. 143). El aceite, que es menos resistente aún, se deshace en gotas. Así, una gota es la más pequeña cantidad de líquido que puede mantenerse suspendida.

El agua es todavía menos resistente que el aceite. Es más móvil y salpica con más facilidad que éste. Ello nos hace suponer que la cantidad que puede quedar suspendida en una gota, será menor en el agua que en el aceite;

es decir, que las gotas de aceite deben de ser más grandes que las gotas de agua. Hagamos, pues, un experimento, mediante el cual podamos averiguar si hay mayor cantidad de líquido en una gota de aceite que en una gota de agua.

Experimento 79.—Coloquemos un alambre doblado ó un clavo, como lo muestra la Fig. 144, y hagamos caer 100 gotas de agua en un tubo de ensayo. Marquemos en una tirilla de papel la altura del líquido recogido. Hagamos en seguida la misma operación con alcohol, usando el mismo tubo de ensayo. ¿Qué ocupa más lugar, cien gotas de agua ó cien gotas de alcohol? Repitamos el experimento con aceite. ¿Son las gotas de aceite más pequeñas ó mayores que las del agua? ¿Cuáles partículas creen Vds. que se atraen más, las del alcohol, las del agua ó las del aceite?

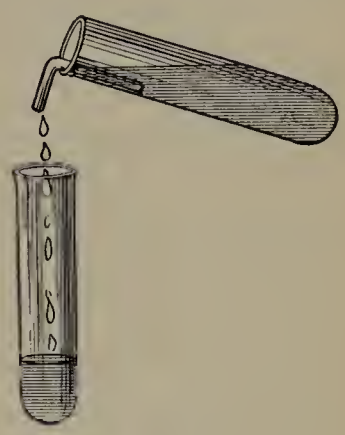


Fig. 144.

Si de los líquidos pasamos á los gases, no nos será difícil comprender que sus partículas se atraen menos aún que las de aquéllos. ¿Ofrece el aire tanta resistencia como el agua? ¿Se agrupan los gases en gotas?

EFECTOS DE LA COMPRESIÓN DE LOS CUERPOS

Cuando hablamos de la máquina de hacer ladrillos, vimos que la presión que dicho aparato ejerce sobre las partículas, las hace aproximar unas á otras, reduciendo, por lo tanto, el volumen ocupado por todas ellas. Esto lo observamos seguramente, en el experimento 77. Á medida que martillamos el polvo, la cantidad de materia parecía disminuir de volumen.

No es menester hacer nuevos experimentos para convencernos de que muchos cuerpos, tales como la goma, dis-

minuyen de volumen cuando se les oprime, demostrando así que sus partículas se acercan las unas á las otras.

Hoy se sabe que aun los cuerpos muy duros, como el acero, disminuyen de volumen cuando se les golpea, aunque instantáneamente recobran de nuevo su forma tan pronto como el choque cesa. Así, una bola de acero al chocar contra una plancha del mismo metal, se aplasta, como una pelota de goma, y luego, como la pelota, recobra su primitiva forma.

Si pudiéramos hacer el experimento que ideó un sabio hace mucho tiempo, nos convenceríamos de que hasta las bolitas de vidrio ó de marfil se aplastan al chocar contra los objetos duros. Dicho sabio untó con tinta aceitosa una bola de cristal. Dejándola reposar sobre una mesa de piedra pulida, sólo marcaba un punto negro en el sitio en que la superficie de la mesa se hallaba en contacto con la de la bola; pero dejando caer ésta desde cierta altura, la mancha producida en el punto del choque era mayor; lo cual probaba que dicha bola se había achatado durante un instante, al chocar contra la piedra.

Comprenderemos fácilmente que las partículas de que están formados los cuerpos, no podrían aproximarse si no estuvieran algo separadas entre sí; y por lo tanto, se ha supuesto que dichas partículas, aunque se hallan tan cerca unas de otras, que nos es imposible notar espacio alguno entre ellas, están, sin embargo, bastante alejadas para permitir su aproximación, cuando la sustancia que forman se oprime con fuerza.

No nos asombra que mezclando un vaso de polvo fino y otro de agua, el bulto de la mezcla parezca reducido, debido á que el agua penetró entre las partículas de polvo; pero encontramos maravilloso que lo mismo suceda cuando se mezcla el agua y el alcohol, demostrándose así que en el seno de los líquidos hay espacios vacíos.

Experimento 80.—Se cierra perfectamente con un corcho la extremidad más ancha de un tubo de lámpara, procurando que al llenar de agua el tubo, no pueda pasar ni una sola gota por entre la juntura del tapón. Para conseguir esto, se sumerge en grasa el tapón seco, y se apl ca después sobre el tubo también seco.

Luego se toma un tubo de ensayo bastante ancho, y se lena completamente con alcohol puro, cubriendo su abertura con una membrana de goma perfectamente estirada (Fig. 145). Preparado así el tubo de ensayo, se le introduce en el tubo de lámpara previamente lleno de agua. La extremidad superior del tubo de lámpara, debe cerrarse con un tapón de corcho atravesado por un tubo de vidrio. Procúrese que el agua ocupe no sólo el interior del tubo de lámpara, sino también parte del tubito que atraviesa el tapón. Márquese con un hilo envuelto en el tubito, la altura que alcanza el agua en él.

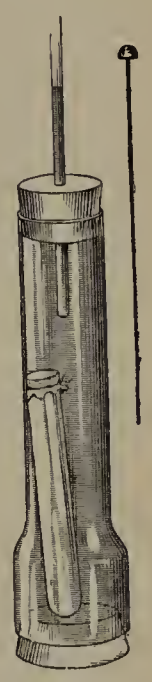


Fig. 145.

El nivel del líquido en el tubito debe permanecer estacionario si los tapones están bien ajustados.

Preparado ya el aparato, procuremos que el alcohol que está en el tubo de ensayo se mezcle con el agua que está en el tubo de lámpara. Con este objeto, introduciremos una larga aguja ó alambre por el tubito que atraviesa el tapón superior, y con ella romperemos la cubierta de goma que cierra la boca del tubo que contiene el alcohol.

¿Qué ocurre entonces en el nivel del líquido en el tubito de vidrio? ¿No nos demuestra eso que el volumen ó bulto de ambos líquidos mezclados, es menor que el volumen de ambos líquidos sin mezclarse? Este experimento prueba que las partículas se han aproximado, ó por lo menos, que las partículas de un líquido se han acomodado entre las del

otro, como cuando se echa arena en una caja que contiene municiones.

¿Podría ocurrir esto si no existieran espacios entre las partículas de los líquidos?

Hoy se sabe que todos los líquidos se contraen cuando se comprimen, cosa que hasta hace poco tiempo se ignoraba. El agua de los mares está, pues, tanto más comprimida cuanto más profunda es; exactamente como el aire en la superficie de la Tierra está comprimido bajo el peso del aire que se encuentra más arriba; y se ha calculado que si el agua situada en la profundidad de los mares ocupase el volumen natural, el nivel de las aguas alcanzaría una altura de 38 metros sobre la que actualmente tiene; en cuyo caso, las aguas avanzarían sobre las costas, é inundarían una superficie de tierra equivalente á la de México y la República Argentina juntas.

Sin embargo, el agua no se deja comprimir con tanta facilidad como el aire, según lo prueba el experimento siguiente, que se hizo hace mucho tiempo.

Se tomó una esfera hueca de metal, y se la llenó completamente de agua, soldando luego la abertura. Con un pesado martillo se golpeó luego la esfera, reduciendo así el espacio que contenía el agua. El líquido se contrajo un tanto, pero llegó un momento en que la superficie exterior de la bola se cubrió de gotitas de agua, demostrando que el líquido, después de haber llegado al límite de la compresión, pasaba por entre las partículas metálicas.

Experimento 81.—Tomemos una botella vacía, y aplicando los labios á la boca, soplemos en su interior. ¿Les parece á Vds. que el aire se deja comprimir? ¿Podría esto suceder si las partículas que forman el aire no se pudieran aproximar las unas á las otras?

¿Nos demuestra este experimento que el aire, cuando se

halla comprimido, tiende á ocupar de nuevo su volumen primitivo? ¿Se encuentra alguna relación entre el aire comprimido y el acero ó el vidrio cuando se comprimen por medio de un choque?

Experimento 82.—Tomemos un tubo de ensayo y echemos en él una pequeña cantidad de agua. Calentemos el líquido, y antes de que hierva apliquemos la boca del tubo de ensayo á una rodaja de plátano ó á una pasta hecha de miga de pan, de un grueso de 15 milímetros, más ó menos. Hagamos entrar el trozo de plátano ó la pasta, en el tubo, como si fuera

Debido á la cortesía de "H. K. Porter Co."

Fig. 146.

un tapón. Enfriemos el agua, y cuando el tapón haya penetrado bastante en el tubo, hagamos hervir el líquido. ¿Qué sucede?

El vapor de agua nos recuerda el aire comprimido; y como aquél se utiliza en las máquinas de ferrocarril y en los motores para hacer andar las ruedas, no nos sorprenderemos de que el aire comprimido reciba igual aplicación. La Fig. 146 representa un tren, cuya locomotora funciona por medio del aire comprimido. El aire comprimido se usa igualmente para levantar considerables pesos para transportar objetos encerrados en cajas que corren por cañerías, y para poner en movimiento muchos instrumentos útiles en la industria. La Fig. 147 muestra dos obreros ocupados en hacer agujeros en

una chapa de hierro. El aparato que usan es un taladro que se mueve por medio del aire comprimido en un tubo, de una manera semejante al pistón de nuestras bombas de agua.

Otros taladros semejantes se usan en las minas y en las canteras.

Si recordamos ahora que la máquina de hacer ladrillos

Fig. 147.

permite que las partículas se atraigan cada vez más mientras se aproximan las unas á las otras, comprenderemos muy bien que al comprimir el aire, y al aproximar sus partículas, éstas deben atraerse cada vez más entre sí. Y como sabemos que las partículas de los líquidos se atraen más que las partículas que componen los gases, sospechamos que si se oprime más y más el aire, las partículas se atraerán más y más, hasta que al cabo la atracción entre ellas será tan grande, que el aire dejará de ser un gas, para convertirse en un líquido.

Esto es precisamente lo que ocurre. Hoy se obtiene el aire líquido y hasta sólido. En este estado es tan elástico como el marfil. Golpeando un trozo de aire con un martillo, éste rebota con fuerza después del choque.

EL CALOR Y LA COHESIÓN

El experimento 82 nos ha mostrado una aplicación bastante útil del calor, el cual pareció hinchar el vapor que se hallaba en el tubo de ensayo. Veamos ahora si el calor es capaz de hinchar, ó más propiamente, de dilatar los demás cuerpos que nos son familiares.

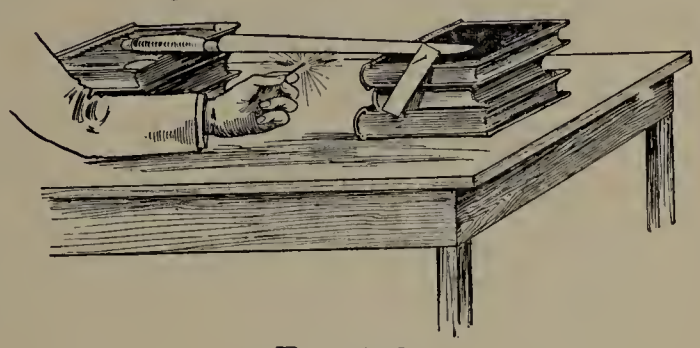


Fig. 148.

Experimento 83.—Se coloca un cuchillo de modo que su hoja se apoye en una aguja que reposa sobre una superficie lisa. El extremo de esta aguja se clava en una tirilla de cartón (Fig. 148). Caliéntese la hoja del cuchillo. Obsérvese la tirilla de cartón. ¿Qué sucede? ¿Por qué?

Fig. 149.

Experimento 84.—Veamos ahora si el calor produce en los líquidos los mismos efectos que en los sólidos.

Tomemos una botella, por cuyo tapón horadado pase un tubo de vidrio (Fig. 149 A). Con un poco de ingenio conseguiremos llenar de agua la botella, haciendo que el líquido llegue hasta la mitad del tubo, como muestra la figura. Para evitar que el agua se escurra por las junturas que hay entre el tapón y el tubo de vidrio, será conveniente untarlas con grasa.

Calentemos la botella, envolviéndola en un trapo empapado en agua hirviendo. Observemos la altura del agua en el tubo de vidrio. ¿Qué sucede?

Ya que los líquidos y los sólidos se dilatan por medio del calor, veamos si los gases se dilatan también.

Experimento 85.—Vaciemos el agua de la botella, pero dejemos en el tubito de vidrio unas cuantas gotitas de agua que forman un tapón líquido en su interior (Fig. 149 B). Calentemos la botella del mismo modo que en el experimento anterior. Observemos la pequeña cantidad de agua que hay en el tubo. ¿Qué ocurre? ¿Por qué?

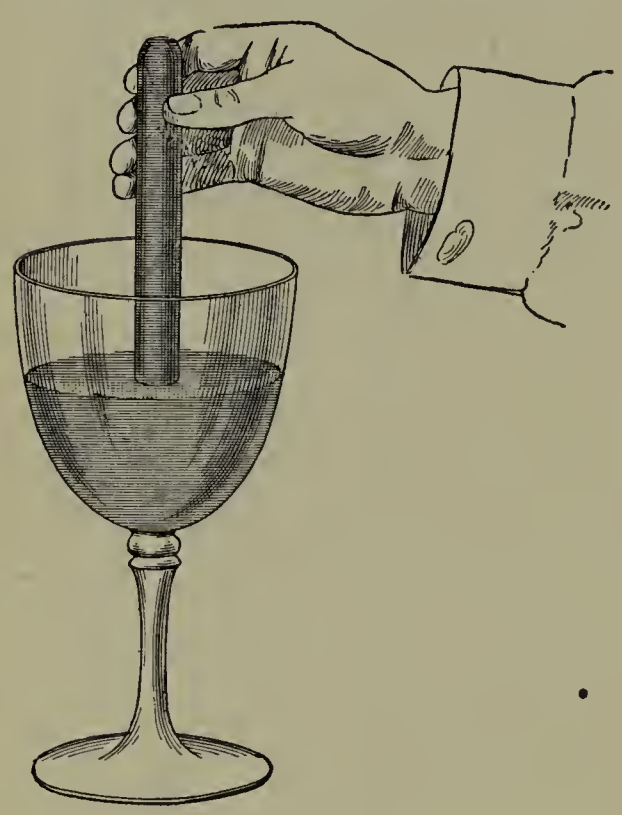


Fig. 150.

Hemos descubierto que el calor hace lo contrario que la presión, es decir, separa las partículas de las sustancias, y por lo tanto, obliga á los cuerpos á dilatarse.

Pero hemos visto que la presión, al aproximar los partículas de los cuerpos permite que la atracción que existe entre éstas aumente, y por lo tanto debemos pensar que el calor, al separar las partículas de las sustancias, hace que éstas se atraigan cada vez menos. Así, pues, si la presión permite transformar un gas en un líquido, con el calor debe ser posible transformar un líquido en un gas, ó un sólido en un líquido.

¿Es siempre sólida la cera? ¿Siempre es líquida el agua? Los . . . se evaporan cuando se calientan, y se congelan cuando se . . .

Experimento 86.—Repitamos el experimento 79, usando agua caliente y agua fría. ¿Cuándo son más pequeñas las gotas? ¿Por qué?

Puesto que los líquidos se hinchan cuando se calientan, ¿qué pesará más: un litro de agua fría ó un litro de agua caliente?

Experimento 87.—Póngase cierta cantidad de una mezcla de agua fría y de tinta, en una copa. Luego llénese de agua caliente un tubo de ensayo, y tapando la boca con un pequeño papel, inviértase, sumergiendo dicha extremidad en la copa. Quítese el papel (Fig. 150). ¿Sube el agua fría teñida, por el tubo que contiene el agua caliente?

Inviértase el experimento, es decir, póngase en la copa una mezcla agua de caliente y tinta; llénese luego el tubo de ensayo con agua fría y sumérjase la boca en la copa, como lo hicimos en la primera parte de este experimento. ¿Sube ahora el agua caliente teñida? ¿Por qué?

LA FUNDICIÓN

Lo que sabemos ya, nos permite comprender que el calor es un excelente medio de vencer la atracción entre las partículas de aquellos cuerpos que se derriten por la acción del calor. Ahora nos explicamos por qué el herrero calienta el hierro con que hace las herraduras (Fig. 151). Casi todos los objetos de metal que usamos, han sido reducidos al estado líquido, y luego vertidos en moldes donde adquirieron la forma que actualmente tienen. La Fig. 152 muestra una fundición de cobre. Observen los trozos de cobre que salen de los moldes y son conducidos luego á un depósito de agua, donde se enfrían.

También el vidrio recibe distintas formas cuando se derrite por medio del calor.

Debido á la cortesía de "H. G. Hines, London, Ontario."

Fig. 151.

Fig. 152.—Fundición de cobre.

Experimento 88.—Calentemos la extremidad de un tubo de vidrio en una llama de alcohol; y cuando los bordes de la abertura se hayan reunido entre sí cerrando aquélla completamente, soplemos por el otro extremo formando en él una hermosa ampolla.

Este experimento nos permite comprender cómo pueden fabricarse botellas, porrones y otros recipientes, con tubos de vidrio. Hoy día se funden objetos de vidrio de un tamaño considerable (Fig. 153), por cuya razón en vez de soplar por los tubos, se utiliza el aire comprimido que se tiene almacenado en un depósito, de donde se le da escape en el momento oportuno.

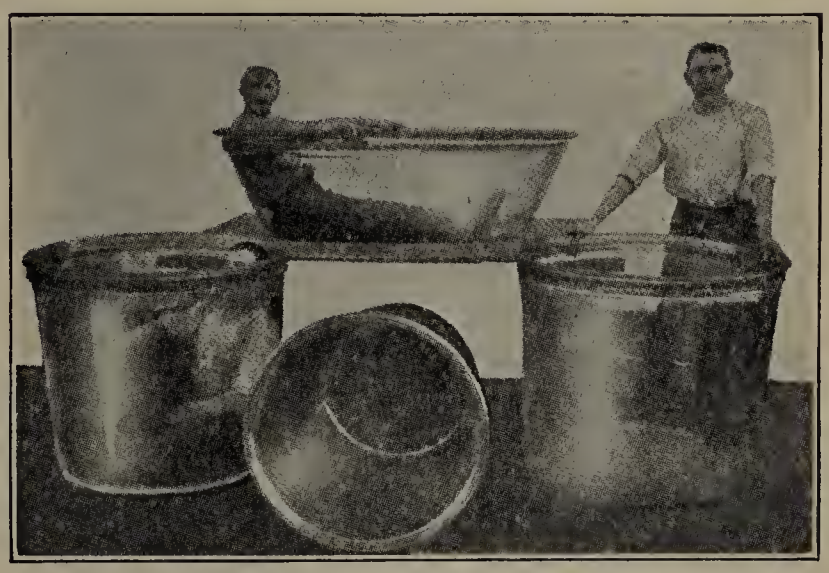


Fig. 153.—Objetos de vidrio.

Los vidrios de las ventanas, los espejos, etc., se fabrican aprensando el v drio blando entre cilindros giratorios semejantes al del laminador de la Fig. 162.

Todos los vidrios no requieren el mismo grado de calor para ablandarse. Esto lo hemos observado ya, porque mientras los tubos de vidrio se doblan fácilmente en la llama, los de ensayo resisten bastante bien su calor. Sabemos también que mientras unos vidrios soportan perfectamente los cambios de temperatura, como los tubos de ensayo y los tubos de lámpara, otros no resisten esos cambios sin romperse. Esto último acontece con los vidrios de las puertas y ventanas, y aun los de las copas y botellas. Estas diferencias

provienen en gran parte de la composición del vidrio, que es distinto según la clase de objetos que se desea fabricar con él.

EL TEMPLE

Experimento 89.—En una lámpara de alcohol calentemos al rojo una aguja, y en seguida sumerjámosla en agua fría. Tomándola luego entre los dedos, intentemos doblarla: ¿qué sucede?

Calentemos otra aguja del mismo modo, y dejemos que se enfríe lentamente. Tomándola también entre los dedos intentemos doblarla: ¿qué pasa?

Este experimento nos prueba que la dureza del acero se modifica según que se le enfríe lenta ó rápidamente.

La operación que hemos realizado se conoce con el nombre de *temple* de los metales.

Las propiedades que ofrecen los metales después de templados, dependen también de la temperatura á que han sido calentados. Enfriando los objetos de varios modos, después de haber sido calentados, el metal adquiere propiedades muy diferentes. Algunas veces se hace muy elástico, doblándose sin romperse, como en los resortes, sierras, etc.; otras veces queda rígido, duro, como las hojas de los cortaplumas y las agujas.

Si no se pudiera endurecer el acero gracias al temple, no podría haber máquinas con las que se agujerean objetos de acero; pues como el instrumento que hace este trabajo es también de acero, ambos tendrían igual dureza. Pero gracias al temple, la pieza que horada se ha hecho mucho más resistente que la pieza horadada.

El vidrio es susceptible de ser templado, como los metales. Enfriando el vidrio con mayor ó menor lentitud, se obtienen

ya vidrios muy duros pero frágiles, ya vidrios elásticos capaces de recibir choques sin romperse.

El esmalte de las ollas, cacerolas, etc., suele romperse, como el vidrio, cuando se le somete á cambios bruscos de temperatura. Para hacerlo más resistente á tales cambios, se le templa de un modo semejante. Está demostrado que si antes de usar por primera vez una cacerola de loza, se llena de agua fría, haciéndola hervir y dejándola enfriar luego, el esmalte resiste mejor los cambios de temperatura á que se le somete en lo sucesivo.

INCONVENIENTES DE LA COHESIÓN

Hemos visto ya que la gravedad, á pesar de ser tan útil y necesaria, no deja de incomodarnos constantemente, entorpeciendo nuestro transporte y el de los objetos todos, por la superficie de la Tierra. Si ahora reflexionamos sobre la cohesión, echaremos pronto de ver que siendo también esta fuerza utilísima en la construcción de nuestras viviendas ó de las obras públicas, ofrece á cada paso inconvenientes graves. Basta ver que si deseamos construir un tirante de madera, es menester cortar un árbol, esto es, vencer la cohesión entre las partículas del tronco; luego, darle la forma requerida, para lo cual debemos vencer de nuevo la mencionada fuerza. Si queremos doblar el hierro, fabricar rieles, planchas de acero, etc., la cohesión entre las partículas, siendo enorme, nos obliga á desplegar una fuerza también enorme. Otras veces la cohesión nos presenta otros inconvenientes. Así, por ejemplo, si queremos doblar un cristal, se quiebra antes de que realicemos nuestro deseo.

Es, pues, indispensable vencer la atracción que estudiamos, del mismo modo que necesitamos máquinas para vencer la atracción de la tierra.

MÁQUINAS QUE SIRVEN PARA CORTAR Y PERFORAR

Cuando clavamos un clavo, vencemos en realidad la cohesión entre las partículas de la madera ó de la materia en la cual lo introducimos. Un clavo es, pues, una máquina útil que nos sirve para vencer la cohesión entre las partículas de los cuerpos.

Convérsese sobre la cuña, el cuchillo, el hacha, el alfiler, la aguja, el calador de bolsas, etc.

Fig. 154.

Máquinas muy parecidas á los clavos son los barrenos que se usan para horadar el hierro. Son muy conocidos los barrenos que se hacen girar por medio de ruedas. El herrero nos podrá mostrar probablemente una de estas máquinas. Hoy día se construyen aparatos que giran con mucha más rapidez, como el representado en la Fig. 154, que es movido por la electricidad, y mediante el cual se realiza una economía considerable de tiempo.

Los obreros que trabajan en la construcción de túneles ó en las minas y canteras, usan también grandes barrenos, de los que se sirven para hacer agujeros en la roca. Dichos agujeros se llenan luego con pólvora ó dinamita y se hacen

explotar, con lo cual se desprenden los trozos de roca. Tales barrenos suelen introducirse en la roca á fuerza de martillo; pero en tal caso el trabajo es largo y pesado. Hoy se usan barrenos que se mueven rápidamente en un cilindro, como el pistón de una locomotora. Dicho cilindro se halla en comunicación con un depósito de aire comprimido ó con una caldera de vapor, por medio de cañerías. En tales casos, el barreno se mueve con mucha rapidez (Fig. 155).

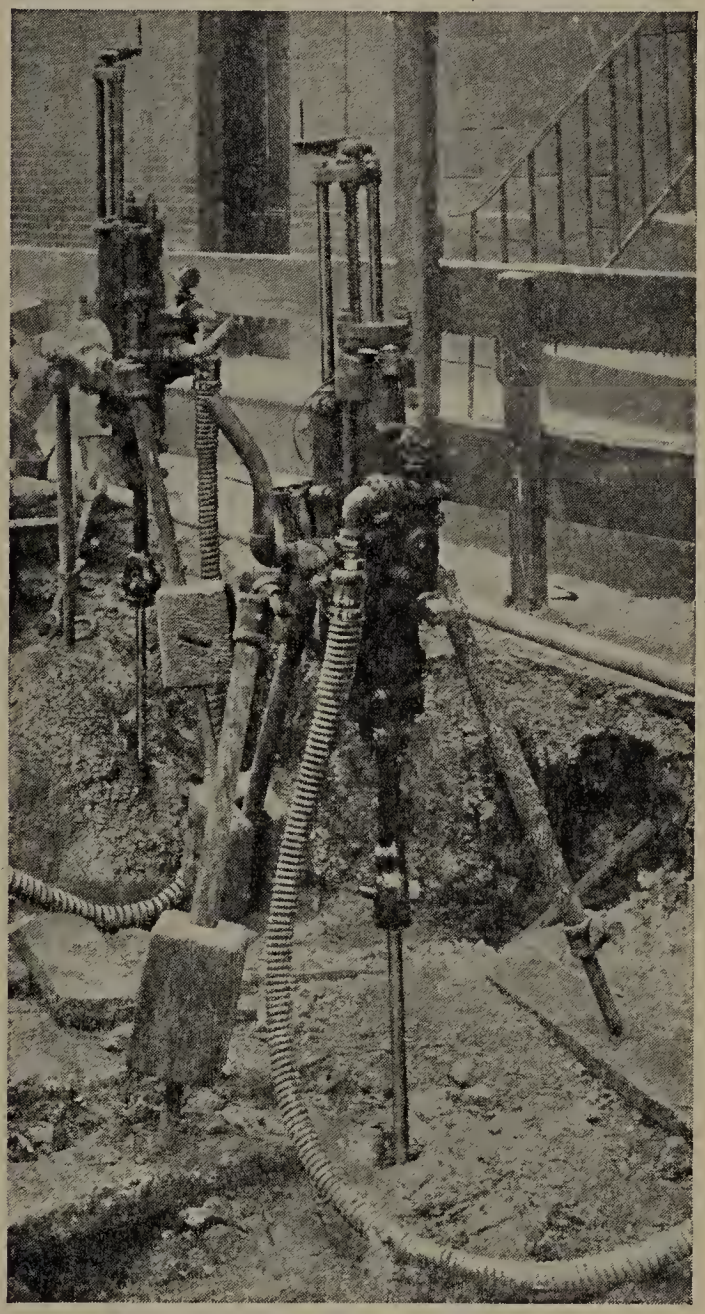


Fig. 155.

Innumerables son los casos en que deseamos *cortar* los objetos, y es natural que entonces debemos vencer la fuerza de cohesión entre las partículas de los cuerpos.

Menciónense instrumentos que cortan.

El acero, que nos parece tan duro, puede cortarse también, como la madera, usando poderosas máquinas en las cuales las hojas ó filos que cortan han sido templados de tal modo, que resisten presiones enormes sin mellarse. La máquina de la Fig. 156 es muy poderosa, y funciona de una manera parecida á la prensa hidráulica.

Otras máquinas cortan el hierro haciendo agujeros en gruesas chapas, como el zapatero agujerea el cuero con el sacabocados. En tales casos, la máquina debe ser movida por motores de vapor, que transmiten el movimiento por medio de ruedas dentadas (Fig. 157).

¿Han visto Vds. grandes sierras para cortar madera?

La Fig. 158 representa una máquina moderna que sirve para cortar hierba. Antiguamente se efectuaba esta operación por medio de hoces y guadañas; instrumentos que todavía se usan en algunos puntos. La máquina representada tiene pequeñas cuchillas semejantes á las tijeras ó á las máquinas del peluquero. Estas cuchillas se ponen en movimiento cuando los caballos arrastran la máquina.

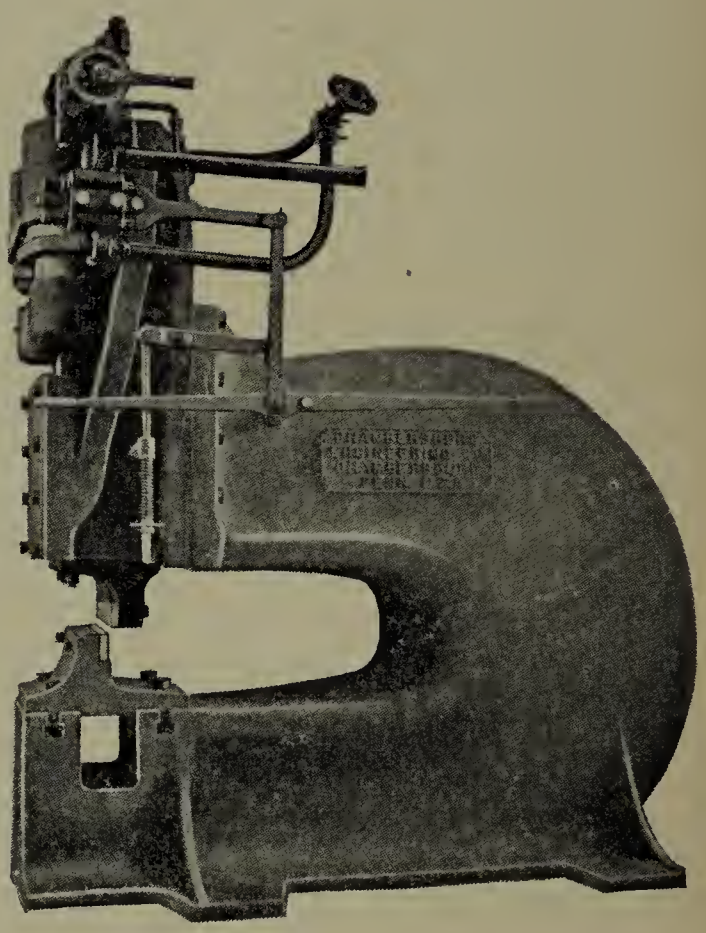


Fig. 156.

OTRAS MÁQUINAS PARA VENCER LA COHESIÓN

En ciertos casos los instrumentos cortantes deben ser reemplazados por otros medios, sobre todo cuando se quiere separar cierta parte de una planta del resto de ella. Para separar el grano de la paja en la planta del trigo, sería imposible usar tijeras ó cuchillas, pues en tal caso la operación sería sumamente larga. Así, pues, en todo tiempo se ha

Fig. 157.

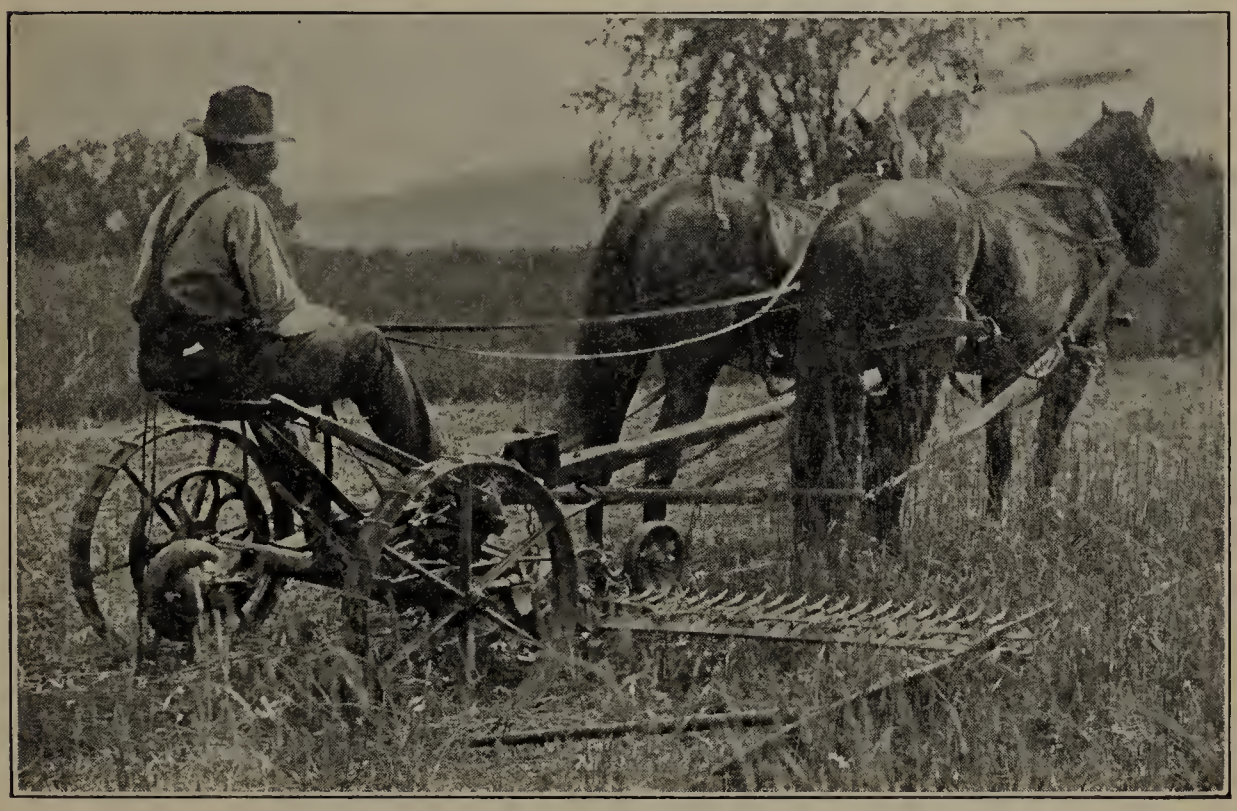


Fig. 158.

preferido separar el grano de la paja por medio de golpes recios dados sobre las plantas de trigo. Antiguamente esos golpes se daban con palos, y luego se emplearon caballos, á los que se hacía correr sobre las plantas de trigo extendidas en el suelo. Pero ese medio es muy defectuoso, y sería imposible obtener, por medio de él, las enormes cantidades de grano que hoy día requiere el comercio.

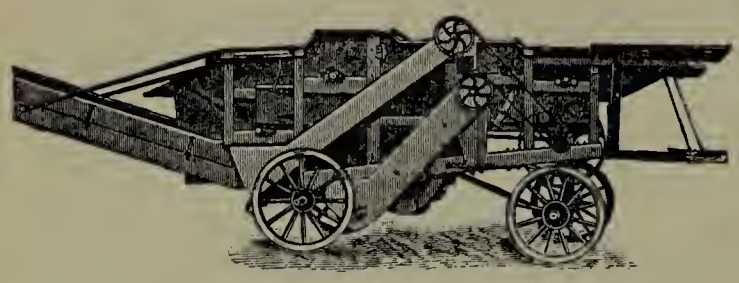


Fig. 159.

Actualmente se dispone de máquinas que se llaman *trilladoras*, las que, no sólo separan el grano de la paja, sino que además quitan á aquél la cascarita que lo recubre, es decir, el *afrecho* ó *salvado*.

En el interior de la caja de la máquina se introducen las plantas de trigo, avena, arroz, habichuelas, etc. Varios cilindros armados de dientes golpean las plantas y las obligan luego á pasar á unas planchas que vibran rápidamente, sacudiendo las plantas, hasta que el grano queda separado por completo, Fig. 159.

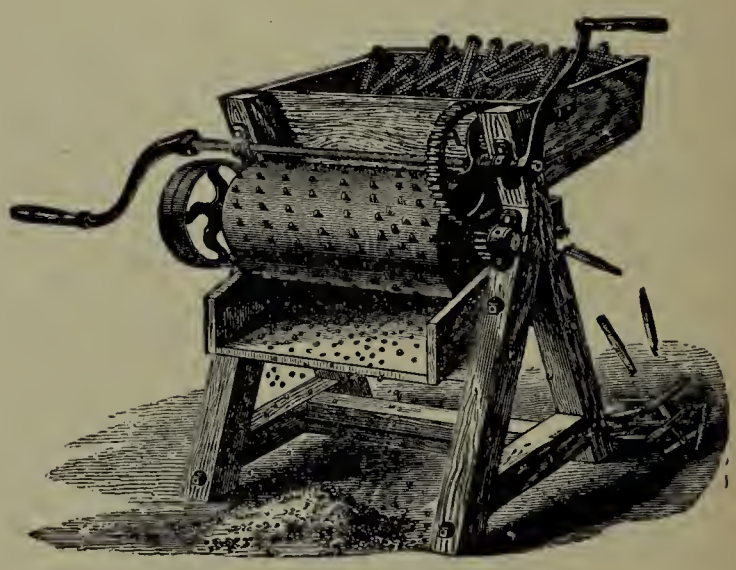


Fig. 160.

Todos sabemos que el maíz es otra planta importante, cuyo grano se utiliza en la alimentación de las personas y de los animales; por cuya razón es menester separarlo del resto de la planta, es decir, de la espiga. En este caso, no se obtiene

resultado alguno golpeando la planta; y por esto ha sido necesario inventar máquinas como la representada en la Fig. 160.

Para cortar papas, zanahorias, remolachas, etc., es decir, para vencer la atracción entre sus partículas, se emplean muchas clases de máquinas, todas bastante sencillas. Un aparato fácil de construir en toda granja es el que puede hacerse con una caja de madera que contiene un cilindro provisto de un mango. El cilindro mencionado lleva en la superficie unas puntas de clavos, que reducen las legumbres á pequeños trozos.

LOS CUÑOS, LAS PRENSAS, ETC.

No solamente cuando se hacen agujeros ó cuando se cortan ó se desgarran los objetos, se vence la fuerza de atracción entre sus partículas. La máquina que imprime el cuño sobre las monedas ó la que reduce el metal á láminas delgadas, también tiene que vencer la cohesión entre las partículas metálicas.

Experimento 90.—Tómese un trozo de plomo, y colocándolo sobre una moneda, golpéese con un martillo hasta que la impresión de la moneda aparezca sobre el plomo. ¿Cuál de los dos metales es más duro? Explíquese por qué la fuerza de atracción entre las partículas del plomo, ha sido vencida mediante la operación que hemos hecho.

La Fig. 161 representa la máquina con que se imprimen las medallas y monedas. El sello, en cuya superficie está grabada en hueco la figura que se quiere imprimir, se llama *cuño*, palabra derivada de cuña, porque las primeras monedas se imprimieron con sellos que tenían esa forma. De un modo parecido se hacen botones metálicos, y también los labrados de los objetos de uso común, como platos, joyas, etc.

Como se comprende, los cuños deben ser excesivamente

duros, á fin de que resistan, sin deformarse, la presión enorme á que se les debe someter, para que la impresión se grabe sobre la superficie de sustancias tan duras como el cobre, la plata, el oro, etc. La dureza que requieren los cuños, se obtiene por medio de temples especiales, dados después que el cuño ha sido labrado; pues en caso contrario, no habría instrumentos bastante duros para labrarlos, es decir, para grabar en hueco la figura que ha de imprimirse en las medallas, monedas, etc.

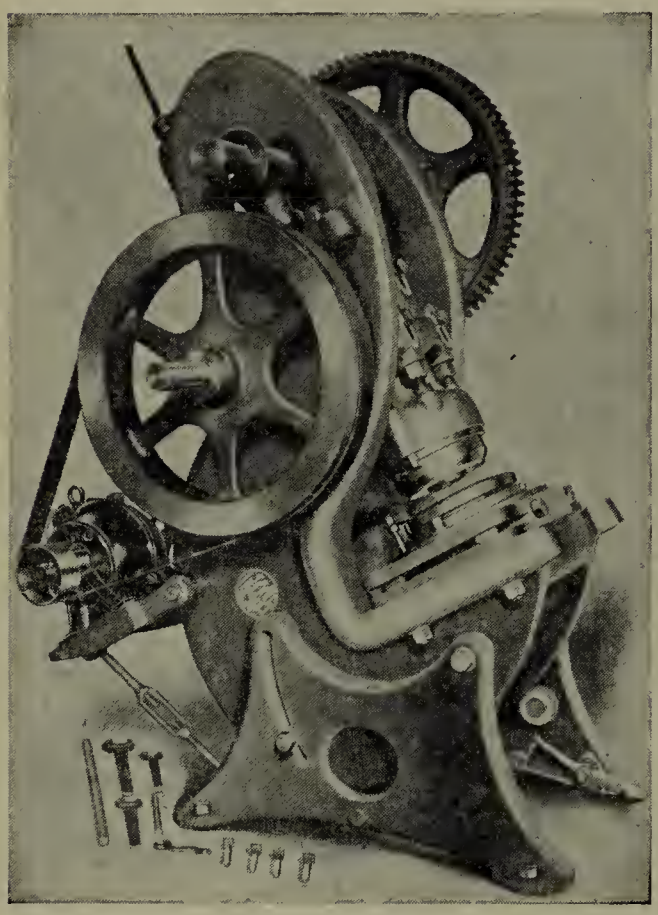


Fig. 161.

Experimento 91.— Tómese un trozo de plomo y martíllese, hasta que quede reducido á una lámina delgada. ¿Se ha vencido la fuerza de atracción entre las partículas del plomo?

Vemos así que bajo el martillo los metales pierden su forma, pudiendo de tal modo ser transformados en láminas. Como la palabra *malleus* significa *martillo* en latín (de donde deriva el nombre mallete que se da á los mazos de mango largo con que se juega al croquet), se ha llamado *maleabilidad* á la propiedad que muestran los metales de ser reducidos á láminas delgadas. La operación descrita se llama *batir hoja*, y se ejecuta principalmente con el oro, que se reduce á delgadas hojuelas, que usan los doradores. Todos los metales son maleables, pero el oro lo es en sumo grado.

Una moneda de oro, de dos centímetros de diámetro y dos milímetros de grueso, puede ser convertida en una hoja cuadrada de dos metros y medio por lado. El cobre también es muy maleable. Se fabrican ollas y cazuelas, batiendo un pequeño trozo de metal.

El *laminador* es un aparato usado también para reducir los metales á láminas. Consiste en dos cilindros de acero duro, entre los cuales se obliga á pasar el metal que se desea aplanar (Fig. 162). Las barras de oro, plata ó cobre destinadas á la fabricación de monedas, se transforman, por medio de esta máquina, en láminas, en las que el sacabocado corta discos que luego el cuño imprime.

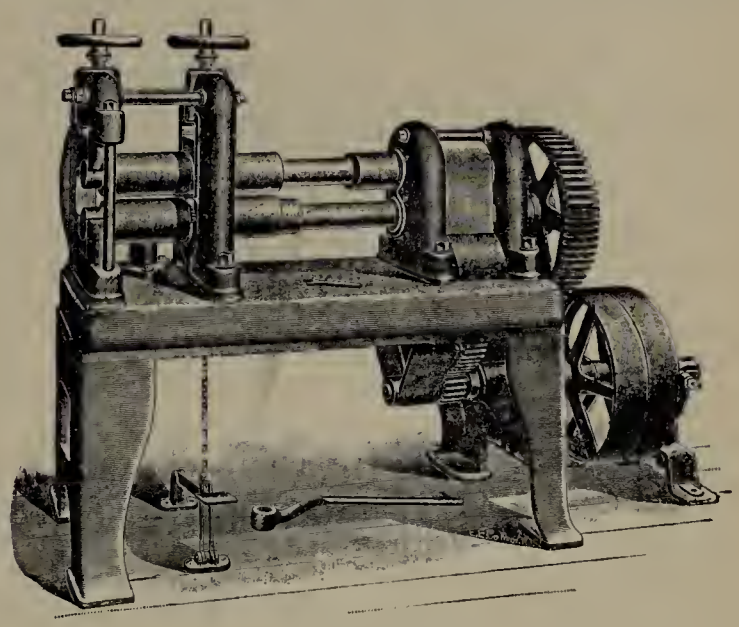


Fig. 162.

Debiendo el laminador vencer una resistencia enorme, los cilindros reciben el movimiento mediante varias ruedas dentadas, que hacen cada vez menor la velocidad del movimiento comunicado. ¿Por qué?

Un aparato muy parecido al laminador es el trapiche, que algunos de Vds. habrán visto funcionar en los ingenios de azúcar. Sirve para separar el jugo de la caña.

Y ahora que tratamos otra vez de máquinas empleadas en las industrias agrícolas, sepamos cómo se vence la cohesión que une las partículas de los granos.

Cuando el grano de trigo se ha separado de la paja y del afrecho, todavía es menester reducirlo á harina. La cohesión mantiene unidas todas las partículas que forman el grano.

Para vencer esta cohesión, se utiliza también la presión de un objeto pesado, como en la operación de batir hoja con martillos. Este trabajo puede hacerse en *morteros*, pero se realiza con más perfección y rapidez en *molinos*. Antiguamente los molinos consistían en ruedas de piedra que rodaban sobre el

Fig. 163.

grano, movidas por medio de aspas que el viento ponía en movimiento, ó aletas que el agua empujaba al correr ó al caer desde cierta altura. Actualmente gran número de molinos se mueven por medio de máquinas de vapor que hacen rodar cilindros de porcelana, los que muelen el grano con gran rapidez. Existen molinos que diariamente reducen á harina el trigo que podría contenerse en un salón espacioso.

No son los anteriores los únicos casos en que es necesario separar las partículas que forman un cuerpo sólido. Cuando deseamos dejar lisa una superficie, pasamos por ella la lima, el papel de lija ó el cepillo de carpintero. Por medio de estos aparatos, las superficies se igualan, se alisan, y finalmente se pulen.

Cuando oprimimos un número de objetos con el propósito de obligarlos á ocupar un espacio menor, tenemos que ejercer

un esfuerzo para vencer la resistencia que nos oponen las sustancias comprimidas El pasto, la cerda, la lana, el algodón, etc., ofrecen cierta resistencia cuando se comprimen. Esta resistencia debe ser vencida cuando se hacen fardos con esas materias á fin de disminuir el espacio entre las hebras y acercarlas para que el conjunto ocupe menos volumen. Hemos visto que la prensa hidráulica sirve para realizar esta operación; pero la prensa hidráulica no puede usarse en todas las granjas, estancias, etc., y entonces se acude á otros medios más sencillos. La Fig. 163 representa una de las máquinas que sirven para ese objeto. El carro es un cajón donde entra y sale un fuerte pistón que oprime el pasto que

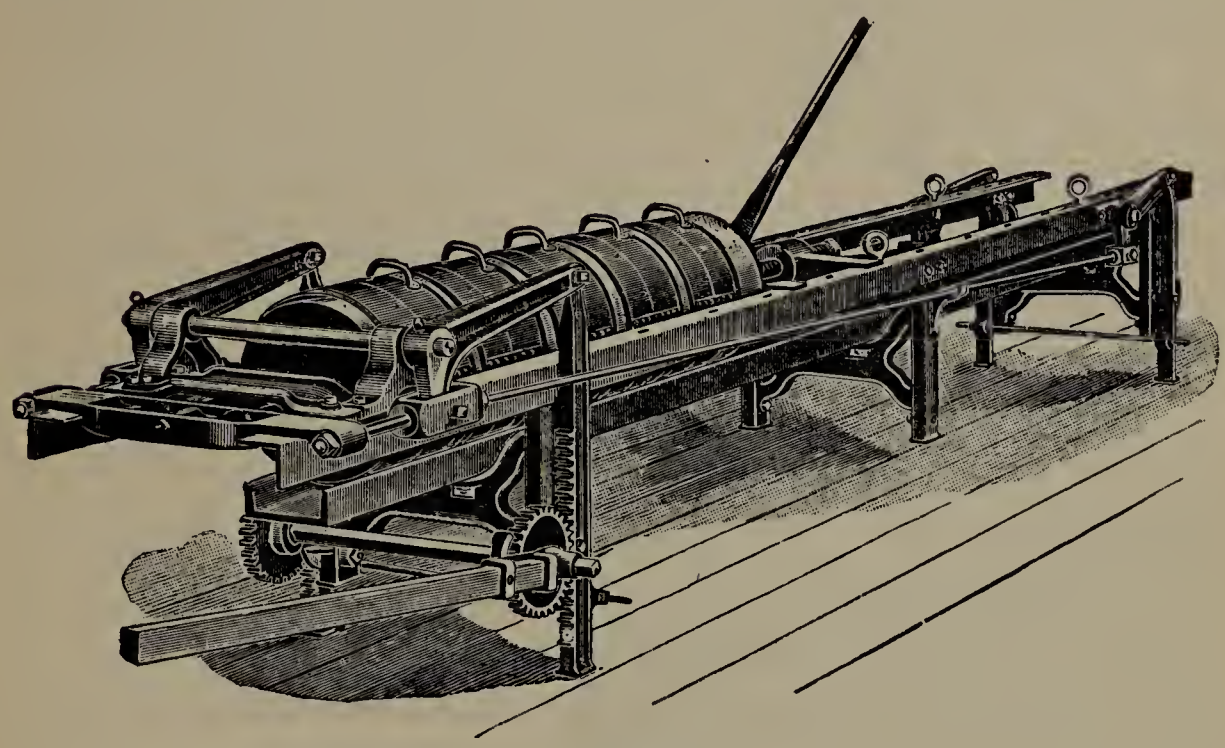


Fig. 164.

se echa en el interior. Al moverse, los caballos hacen funcionar esta prensa.

El queso necesita ser aprensado para que la sustancia que lo forma constituya una masa compacta. La Fig. 164 muestra una prensa usada con ese fin en la fabricación de

quesos. Como se ve, el mecanismo es semejante al de una prensa de copiar.

Menciónense otros usos de la prensa.

OTRAS MÁQUINAS ANIMALES

Es digno de observarse que de la misma manera que el hombre y los demás animales poseen en sus propios cuerpos máquinas que les sirven para luchar contra la atracción terrestre, también poseen máquinas para vencer la atracción entre las partículas de los cuerpos.

Un instante de reflexión nos convence de que tales máquinas son más abundantes de lo que á primera vista parece.

Fig. 165.

Con nuestras manos desgarramos los objetos; los puños nos sirven algunas veces de martillos. Las patas del perro, del armadillo (mulita ó tatuay) escarban el suelo; la vizcacha abre profundos pozos; el pájaro carpintero hace con el pico excavaciones en la madera para apoderarse de los nidos de los insectos. Los mismos insectos tienen aparatos cortadores, de que se valen para labrar largos túneles en la madera.

La Fig. 165 representa un insecto haciendo un agujero de

cinco centímetros en el tronco de un árbol de madera sumamente dura. Probablemente muchos de Vds. han visto los canales ó túneles que los insectos labran en la fruta, en las legumbres, hojas, maderas, etc., con el propósito de poner sus huevos en lugares que ofrezcan alimento á los insectos que han de nacer. ¿En qué clase de maderas, frutas, hojas, legumbres han visto Vds. esos canales?

Los dientes son en algunos animales, como en el buey y la vaca, martillos que aplastan; en otros, puntas que desgarran, como en el gato, el perro, etc.; en otros son cuchillos que cortan, como los incisivos del hombre. Los roedores, como el ratón, el conejo, el castor, la chinchilla, raspan los objetos. Ciertos peces tienen verdaderas sierras en la parte anterior de la cabeza; otros animales tienen lancetas ó agujas, como el mosquito, la abeja, la avispa, etc.

Menciónense otros aparatos que poseen los animales para vencer la cohesión.

Además de esto, la saliva, los líquidos del estómago y de los intestinos, ablandan ó disuelven los alimentos, venciendo así también la cohesión de sus partículas. Muchos animales tienen en sus estómagos músculos que amasan los alimentos y los ablandan. Si abrimos el estómago de una gallina, veremos en su interior, muchas piedrecitas que el animal se tragó intencionadamente para desmenuzar los alimentos en el estómago.

Las plantas mismas no podrían vivir si los alimentos que necesitan, y que formarán luego parte de la madera, de las hojas, de las flores, de los frutos, etc., no penetraran por las raíces disueltos en el agua. Por este motivo, en los lugares donde no llueve, donde no hay ríos ni corrientes subterráneas, la tierra parece estéril. No lo es siempre, sin embargo; bastando á menudo que se riegue para que prosperen en ella

las mismas clases de plantas que crecen en los lugares húmedos. Entonces el agua entra por las raíces, como ya sabemos, llevando disueltas las materias que constituyen el alimento de los vegetales.

Hemos visto que el hombre y los animales se aprovechan constantemente de la cohesión entre las partículas, y constantemente también luchan contra esta fuerza. Pero es fácil ver que á nuestro lado otras fuerzas se oponen sin cesar á los efectos de la cohesión.

Las rocas, que nos parecen tan duras, acaban por desmenuzarse. Las olas reducen á polvo las piedras con que chocan. La arena del mar y la arcilla, que es un polvo con que se hace luego loza y porcelana, han formado alguna vez parte de rocas duras pulverizadas por la acción incesante de las aguas.

Los ríos, según hemos visto ya, desgastan las rocas y transportan los fragmentos, cada vez más pequeños, en su corriente. El río Amazonas arroja anualmente tal cantidad de polvo procedente de rocas, que con él se podría formar un terraplén cuadrado de una legua de lado y cinco metros de altura.

Por último, la madera, las hojas, las frutas, los esqueletos y la carne de los animales, sea que hayan servido de alimento á otros animales y se conviertan en excremento, sea que se pudran por la acción de la humedad y del calor, también acaban por reducirse á polvo. Este polvo, reunido á la arena y á la arcilla, forma lo que llamamos *tierra*. ¿Qué sería de nosotros, de los animales, de las plantas, si no hubiera tierra, si únicamente hubiesen rocas lisas y compactas? ¿Podrían existir las plantas? ¿Podríamos nosotros vivir?

Véase, pues, cuán agradecidos debemos estar á los medios de que la naturaleza se vale para evitar los inconvenientes de la cohesión, después de haber aprendido á valorar los

beneficios que debemos á esa fuerza de cohesión, sin la cual no habría cuerpos sólidos, líquidos ó gaseosos.

El viento, la lluvia, los terremotos, la exposición de las rocas á los cambios de temperatura, debido á los cuales aquéllas se rajan, como el vidrio que se somete á tales cambios, también contribuyen á fragmentar las piedras; completando luego este trabajo, las raíces de las plantas que entran como cuñas entre las grietas.

Fig. 166.—Estatua egipcia.

Obsérvese un antiguo monumento de piedra, y se notará que las inscripciones se han borrado, los ángulos se han redondeado, y todo va en camino de convertirse en polvo. La Fig. 166 representa una estatua colosal de 20 metros de altura, labrada en piedra por los egipcios hace 4,000 años. Es de una sola pieza, y se dice que era notable por lo minucioso de sus detalles; pero durante su larga exposición ha sufrido tal desgaste, debido á las causas mencionadas, que, no obstante el cuidado de que siempre ha sido objeto, apenas si su forma recuerda la que tenía en un principio.

Considerando que la mayor parte de las rocas que vemos hoy día han estado sometidas á los mismos elementos durante un tiempo *miles de veces más largo* que el mencionado, no nos sorprenderá saber que lo que hoy es polvo fino, hace miles

y miles de años formó parte de rocas que se hubiera creído indestructibles.

Recordando ahora que las arenas del mar y el polvo de la tierra se transforman en rocas, debido al considerable peso que soportan al acumularse en tan grandes cantidades, tendremos otro motivo de admiración, al considerar que si por una parte los movimientos del océano reducen las rocas á polvo, la fuerza de gravedad, por otra, convierte luego el polvo en rocas sólidas que, siglos más tarde serán reducidas á polvo nuevamente.

Este cambio constante, tan necesario para la vida vegetal y animal, es motivo, á la vez, de admiración por la grandeza de las fuerzas que incesantemente trabajan en torno nuestro.

IX

LA AFINIDAD

UNA VISITA AL BOTICARIO

Emilita, que es hija de un arquitecto, había oído decir á su padre que hay dos clases de cal, la *viva* y la *apagada*. Desde entonces quedó la niña con gran curiosidad por conocer estas sustancias, pues imaginaba que la cal viva sería algún ser parecido á un animal, que se movería y haría mil otras cosas, que aunque naturales en un ser vivo serían bien raras y divertidas en una piedra.

Cierto domingo el arquitecto llevó á sus muchachos á visitar un edificio que se construía bajo su dirección. Allí Emilita vió varios montones de cal; y para satisfacer su curiosidad, se acercó á examinarlos.

—¿Ésta es la cal viva?—preguntó tomando un puñado de polvo blanco en la mano.

—No,—contestó su padre.—Ésa es la cal apagada. La cal viva está allí, en esas barricas cubiertas.

Conversaron tanto acerca de la cal, que la niña acabó por reirse de su primera suposición. Su padre le dijo que la cal viva no era otra cosa que cal apagada, de la cual se ha sacado el agua que contiene.

—¿La cal apagada contiene agua?—preguntó Emilita sorprendida.

—Sí,—contestó el padre.—Aunque la cal apagada esté seca, contiene agua, sin embargo. La cal apagada es una combinación entre la cal viva y el agua. En aquel cercado

de tablas—continuó—los albañiles mezclan el agua con la cal viva. La cal y el agua se mezclan con gran calor, tanto que el agua hierve y emite vapores. De esa mezcla resulta la cal apagada que aquí vemos, la cual, aunque está verdaderamente seca, contiene toda el agua que se mezcló con la cal viva.

Experimento 92.—Aquello era demasiado extraordinario para que los muchachos lo creyesen; y uno de ellos, Agustín, que era muy agudo en sus raciocinios, dijo:—Voy á saber si es cierto lo que papá dice. Vamos á llevar á casa un poco de cal viva. Haremos pesar por el boticario la cantidad que llevemos. Después mezclaremos la cal viva con agua, y una vez que toda la cal viva se haya convertido en cal apagada, la secaremos y la haremos pesar de nuevo. Si el peso de la cal apagada es mayor que el de la cal viva, eso nos demostrará que la cal viva se ha quedado con una parte del agua; pero si el peso es el mismo de antes, querrá decir que papá quiere bromear con nosotros.

Los muchachos se pusieron muy contentos ante la perspectiva de un experimento tan interesante y fácil, y se llevaron á casa un tarro con cal, que por recomendación del arquitecto tomaron de un lugar profundo de la barrica, pues el polvo de la superficie estaba ya un tanto mezclado, según dijo el padre, con la humedad que existe siempre en el aire.

Después de pesada la cal con cuidado, el boticario dijo á los niños que la cantidad de cal viva que habían traído, pesaba exactamente cincuenta y seis gramos.

Una vez en casa, los chicos mezclaron la cal con agua; y al hacerlo, se produjo un intenso calor que los divirtió en extremo, como los divertirá á Vds. si repiten este experimento.

Cuando la mezcla comenzó á enfriarse, y parecía terminada la operación, el arquitecto aconsejó á sus hijos que secasen

perfectamente el polvo poniéndolo al fuego en una cazuela ó sartén.

—Pero entonces,—exclamó Emilita,—toda el agua que la cal haya absorbido, se evaporará y se separará de la cal.

—No hay temor,—respondió el padre.—El agua no se irá.

Procedieron los niños como su padre decía. Al cabo se secó la pasta. "¡Y decir todavía que en ese polvo caliente y seco hay agua!" exclamó Emilita riendo. "Papá se quiere divertir con nosotros."

Los demás chicos deseosos de terminar el experimento, sacaron la cal del fuego, y machacando la pasta la redujeron á polvo; un polvo blanco exactamente igual al primitivo.

—¡Á pesarlo!—exclamaron dirigiéndose á la botica.

El boticario puso en el platillo los cincuenta y seis gramos; pero la balanza permaneció inmóvil, indicando que la cal pesaba más que antes. Luego agregó cuatro gramos más: la balanza no se movió tampoco.

—Sesenta gramos,—dijo el boticario.—Pero no es bastante todavía. Continuemos echando pesas. Sesenta y cinco, setenta, setenta y uno, setenta y dos, setenta y tres . . . setenta y cuatro . . . —La balanza se movió al fin.—La cal pesa setenta y cuatro gramos, es decir, diez y ocho gramos más que antes.

Los muchachos se miraron asombrados. ¡Diez y ocho gramos más! ¡Luego era cierto que en aquel polvo seco había agua! ¡Diez y ocho gramos de agua! El boticario les preguntó la causa de su sorpresa, y diciéndosela ellos, les manifestó que su padre no los había engañado, y que la cal viva es, en efecto, muy amiga del agua; tan amiga, que es menester guardarla en barricas ó en tarros de lata para que no se apodere de la humedad que siempre hay en el aire.

—La cal y el agua se atraen cuando están juntos—con-

tinuó el boticario.—Cada partícula pequeñísima de cal atrae una partícula pequeñísima de agua, y las dos juntas forman una partícula pequeñísima de cal apagada.

—Pero ¿por qué no se ve el agua que hay en la cal apagada? —preguntó Emilita.

—Porque cuando dos sustancias que son muy amigas se atraen y se combinan, la sustancia que resulta no se parece á ninguna de las que la han formado,—dijo el boticario. Y después agregó:—Hoy tengo tiempo disponible, y quiero explicarles esto mismo de una manera más clara. Vengan Vds. á mi laboratorio. Allí les mostraré muchas cosas interesantes y curiosas.

Cuando todos los muchachos estuvieron acomodados en la pequeña pieza que servía de laboratorio, el boticario puso sobre la mesa dos copas y bajó dos frascos de un estante que estaba en la pared. Cuando el auditorio estuvo atento, comenzó á hacer el experimento siguiente, que todos Vds. deben repetir en la escuela ó en casa, para comprender la explicación que recibieron Emilia y sus hermanos.

DOS GASES QUE FORMAN UN SÓLIDO

Experimento 93.—Aquí tenemos—dijo el boticario—dos copas. Echo en una de ellas unas cuantas gotas de *ácido clorhídrico,* y en la otra unas cuantas gotas de *amoníaco.* Hago rodar las copas para que el líquido humedezca la superficie interior de ellas. Hecho esto, cubro cada copa con una hoja de papel. Al cabo de un rato, pongo la copa que está humedecida con ácido clorhídrico (siempre tapada con el papel) boca abajo sobre la otra (Fig. 167). Retiro ahora los dos papeles que interceptan la comunicación entre las copas. En el instante en que los dos gases se ponen en contacto, se forma una ligera niebla, y al cabo de un rato comienzan á

depositarse en el vidrio, menudos y delicados *cristalitos*. Estos cristalitos son los que antes flotaban en el interior, semejando una niebla.

—Y ¿de dónde viene esa niebla?—preguntó uno de los niños.

—Esa niebla—respondió el boticario—se ha formado por los dos gases al combinarse. En el instante en que se pusieron

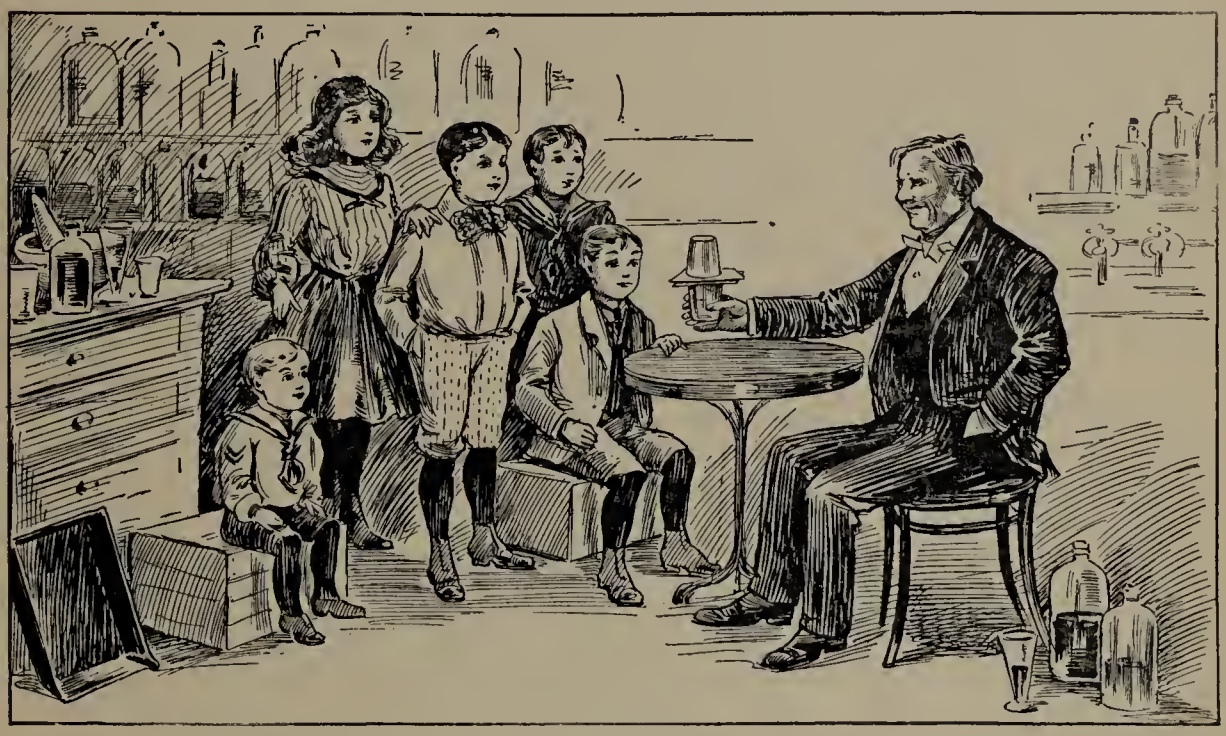


Fig. 167.

en contacto, dejaron de ser lo que antes eran, y *cada partícula del uno se apodera de una partícula del otro, y entre las dos forman una partícula sólida.* Dos cuerpos gaseosos han formado, pues, uno sólido al combinarse. Esta sustancia, que se llama *sal amoníaco,* es enteramente distinta de cada uno de los gases que la han formado. La cantidad que hemos obtenido en nuestro experimento, es muy pequeña y no nos permite conocer bien la sustancia recién creada, pero aquí tengo en este frasco una cantidad mucho mayor.

Vean Vds. cuán diferente es este sólido, de los gases

que lo componen. Uno de ellos tenía un olor sofocante, el otro un olor penetrante y fuerte. El cuerpo blanco que hemos obtenido de la combinación de ambos gases, en vez de ser gaseoso, es sólido. Su olor no recuerda el de ninguna de las materias que lo forman.

—Y si machácasemos bien ese polvo—preguntó Emilia—¿no llegaríamos á separar los dos gases que forman cada partícula?

—No—dijo el boticario.—Aunque lo trituremos bajo una rueda de locomotora, no hallaremos otra cosa que sal amoníaco.

—¿Y si se echa ese polvo en el agua?—preguntó uno de los chicos.

—Entonces,—respondió el boticario tomando un vaso lleno de agua y disolviendo en ella una cucharada de polvo,—entonces las partículas de sal amoníaco se separan unas de otras y se acomodan entre las partículas de agua. Pero á pesar de esto, cada partícula de sal amoníaco no se divide en los dos gases que la forman.

—Quizá se han separado dentro del agua y no lo sabemos—dijo Emilia.

—¡Oh, no!—exclamó entonces el mayor de los hermanos. —Si fuese así se sentiría el olor de los gases ¿no es verdad?

—Es evidente que esos gases se atraen con mucha fuerza, —observó uno de los chicos.

—¿Y si calentásemos ese polvo—dijo Agustín—no podríamos separar los dos gases? El calor separa las partículas del acero, del agua, del aire, de todos los cuerpos. ¿No se pueden separar también de ese modo *las partes que entran en una partícula de sal amoníaco?*

El farmacéutico pareció muy contento al oir esta observación y exclamó:

—Ya veo que Vds. son muchachos que saben reflexionar. Sí, señor. Se pueden separar por el calor las partes que componen una partícula de sal amoníaco.

Experimento 94.—Cómo Vds. ven,—agregó el boticario, —pongo en este tubo de ensayo una cucharada de sal amoníaco y acerco el tubo al fuego.—(Hágase el experimento.)—Cuando esta sal se calienta—continuó—parece que se evapora. Es porque sus partículas se deshacen, y los dos gases que las formaban se separan al fin. El calor disminuye la atracción que mantenía unidos los gases, del mismo modo que disminuye la atracción que mantiene unidas las partículas de hierro ó de plomo. Ahora miren Vds. el tubo de ensayo. Vean cómo se deposita de nuevo el mismo polvo fino en la parte del tubo que no está tan caliente como el fondo. Los gases se han combinado de nuevo en la parte más fría del tubo de ensayo. (¿Por qué será eso?)

—Quiero saber ahora,—preguntó Agustín—por qué cuando calentamos esta mañana la cal apagada (que está compuesta de agua y de cal viva), estos dos componentes no se separaron á pesar de que los calentamos mucho.

—Porque esos dos cuerpos se atraen con mucha más fuerza que éstos, de modo que el calor de la cocina no fué suficiente para separarlos.

—¿Luego hay cuerpos que se atraen más que otros?—preguntó Emilita con interés.

—¡Oh, sí!—dijo el boticario.—Precisamente uno de los gases que forman la sal amoníaco es más amigo de la cal que del otro gas con que aquí está combinado.

—Entonces,—interrumpió Agustín animado por súbita inspiración,—echando cal en el tubo donde está la sal amoníaco, el gas que sea más amigo de la cal saldrá á recibir á su amiga y dejará solo al otro.

—¡Muy bien, muy bien!—exclamó el boticario, lleno de gozo.—Son Vds. muy perspicaces.

Y como le pidieran los niños que les mostrase esta manera de separar los dos gases combinados, el boticario hizo el siguiente experimento.

Fig. 168 A.

Experimento 95.—Échese en la palma de la mano una corta cantidad de sal amoniacal. Nótese que este polvo no tiene olor alguno. Agréguese una corta cantidad de cal y mézclense ambas sustancias. ¿No se nota el olor característico de cierto gas? ¿Cuál es el gas que se exhala? ¿Cuál es el gas que ha quedado en la mano, combinado con la cal?

Fig. 168 B.

Para que sus pequeños oyentes comprendieran mejor los experimentos que habían visto, el boticario tomó un papel y dibujó en él dos manos unidas (Fig. 168 A).

—Estas dos manos—dijo—representan el ácido clorhídrico y el amoníaco, que juntos forman la *sal amoníaco.*

Fig. 168 C.

Ahora supongamos que llega la señora Cal, que es muy amiga del señor Ácido Clorhídrico. Entonces ambos amigos se juntan (Fig. 168 B) dejando solo al amoníaco (Fig. 168 C) el cual se difundió en el aire produciendo el olor que notamos.

—¿Y no hay una materia que en vez de ser amiga del ácido clorhídrico lo sea del amoníaco?

—Sí—dijo el boticario.—El señor Ácido Sulfúrico es íntimo amigo del amoníaco; tan amigo, que cuando el ácido clorhídrico y el amoníaco están juntos, como ahora, formando la sal amoníaco, apenas aparece el señor Ácido Sulfúrico, el amoníaco abandona al compañero y se va con el recién venido (Fig. 168 D).

Fig. 168 D.

El boticario tomó de nuevo el papel, y dibujó las Figs. 168 D y E.

—Esta vez, como Vds. ven—dijo—es el ácido clorhídrico el que se queda solo pues el amoníaco se ha ido á juntarse con el señor Ácido Sulfúrico.

Fig. 168 E.

La historia del boticario nos ha hecho ver cosas tan extrañas y maravillosas, usando aparatos sencillos y sustancias comunes, que tenemos deseos de hacer más experimentos de esta clase; lo que podremos realizar á condición de manejar con cuidado las sustancias que debemos usar.

MÁS SUSTANCIAS AMIGAS

Experimento 96.—Tomemos un tubo de ensayo y echemos en él un poco de azufre en polvo (más ó menos el espesor de un dedo). En seguida pongamos en el tubo el mismo volumen de limaduras de hierro, sustancia que cualquier herrero nos podrá facilitar.

Virtamos agua en el tubo hasta la tercera parte de su altura, y calentémoslo en la lámpara de alcohol. Continuemos esta operación durante una media hora, agregando

de tiempo en tiempo más agua caliente, si la que hay en el tubo de ensayo se agota.

Terminada esta parte del experimento, veamos lo que hay en el tubo de ensayo. La sustancia negruzca que allí encontramos ¿es tan dura como el hierro? ¿Se parece al azufre? Hemos formado una nueva sustancia que antes no existía. Esa sustancia ó cuerpo no es ya ni hierro ni azufre, y por lo tanto merece llevar otro nombre. Se llama *sulfuro de hierro.* Será conveniente comprar en la farmacia un poco de sulfuro de hierro, á fin de tener una idea más clara de sus propiedades; pues es posible que en nuestro experimento los dos cuerpos no se hayan combinado perfectamente, y haya sobrado algo de uno ú otro. Porque han de saber Vds. que el señor Hierro (Fig 169 A) y el señor Azufre (Fig. 169 B) no se combinan en cualquier proporción. Una cantidad determinada de uno de ellos requiere una cantidad también determinada del otro, y si esa proporción se altera, sobrará una parte de la sustancia que se puso en mayor cantidad de lo debido.

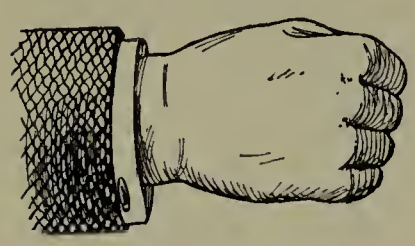


Fig. 169 A.

(Hagamos un experimento para averiguar si esto es cierto.)

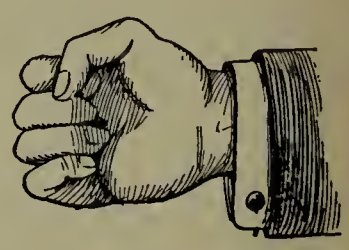


Fig. 169 B.

¿Recordamos cómo el boticario nos explicó, por medio de las figuras de las manos, de qué manera pueden separarse dos cuerpos que se hallan combinados, si se les pone en contacto con otro que sea gran amigo de uno de ellos? Pues lo mismo haremos ahora, valiéndonos del ácido clorhídrico, sustancia formada por dos gases, uno de los cuales es tan amigo del azufre, y el otro tan amigo del hierro, que estos dos cuerpos (el azufre y el hierro) no van á permanecer unidos por más

tiempo, y se van á juntar separadamente con los recién llegados.

Experimento 97.—Pongamos un poco de sulfuro de hierro en un tubo de ensayo, y virtamos luego en él algunas gotas de ácido clorhídrico. ¿Qué olor tiene el gas que se desprende?

Hemos formado un gas que resulta de la combinación del azufre con uno de los gases que forman el ácido clorhídrico. Nadie supondría que el gas de olor desagradable que hemos formado, contiene azufre; y sin embargo es así, como lo probará el experimento que sigue.

Experimento 98.—Cerremos el extremo de un tubo con un tapón, (mejor si es de goma), atravesado por un tubito de vidrio. Añadamos á este tubo de vidrio, otro de goma, al que agregaremos por fin, otro tubo de vidrio que sumergiremos en un tubo de ensayo, ó en otro recipiente cualquiera que contengo ácido nítrico. (Este ácido tiene la propiedad de separar el azufre de los gases que lo contienen.)

Hagamos pasar por el tubo, el gas del que queremos extraer el azufre, é introduzcamos el tubo en el ácido nítrico, de modo que las burbujas de gas pasen por el ácido nítrico. ¿Qué sucede?

Ahora es menester que comprendamos perfectamente lo que ha sucedido en nuestros experimentos.

Teníamos primero al señor Hierro y al señor Azufre, que son muy amigos. Cuando los pusimos en el tubo de ensayo, ambos se juntaron, se combinaron y formaron la sociedad llamada *Sulfuro de Hierro* (Fig. 170 A). Pero esta sociedad no duró mucho. Existe otra compañía, llamada *Ácido Clorhídrico* (Fig. 170 B) formada por dos señores gases: el señor Gas de los Globos (Fig. 170 C) y el señor Cloro (Fig. 170 D). Sucede que los señores que forman esta compañía son muy

amigos de los que forman la sociedad del Sulfuro de Hierro. Pero cada una de esas personas tiene sus preferencias: así el señor Gas de los Globos es más amigo del señor Azufre que

Fig. 170 A.

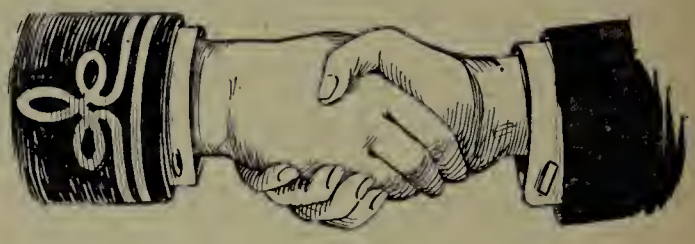


Fig. 170 B.

del señor Hierro, y el señor Cloro es más amigo del señor Hierro que del señor Azufre. Por lo tanto, al juntarse la sociedad del Sulfuro de Hierro con la compañía del Ácido Clorhídrico, resultan otras dos sociedades enteramente dife-

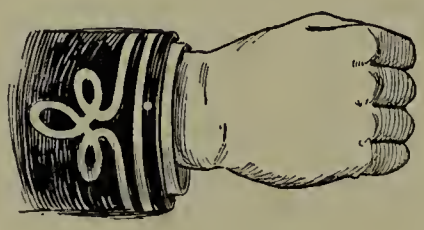


Fig. 170 C.

Fig. 170 D.

rentes: la sociedad del Olor á Huevo Podrido (Fig. 170 E) que se escapa del tubo, y la sociedad Cloruro de Hierro (Fig. 170 F) que se queda en él. Pero la tal sociedad del olor á huevo podrido, no duró tampoco mucho, pues al pasar los

Fig. 170 E.

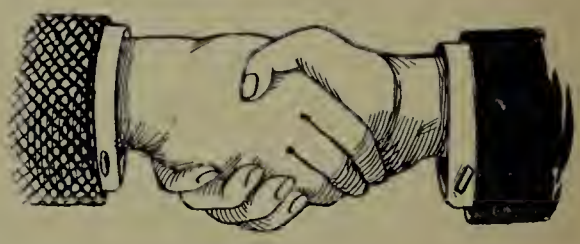


Fig. 170 F.

dos gases por el ácido nítrico, que es una especie de trampa, el gas de los globos quedó detenido, y tuvo que abandonar á su compañero el señor Azufre, que quedó en libertad y

con la misma apariencia exactamente, que tenía en un principio.

Así, hemos visto ya muchas sustancias compuestas, es decir, formadas por la combinación de otras; y según lo aprendido, no nos sorprenderemos ya al saber que un cuerpo sólido está formado por líquidos ó por gases. Recordemos que la cal apagada, que es un sólido, está formada por otro sólido y un líquido; que la sal amoníaco está formada por dos gases; y que el gas de olor á huevo podrido está formado por un gas y un sólido.

Todos Vds. saben lo que pasa con el hierro que permanece en el agua durante mucho tiempo, ó con los clavos, alambres, etc., que se dejan expuestos á la acción de la humedad ó de las lluvias. ¿Qué color toma la capa que recubre entonces el hierro? ¿Les parece á Vds. que la corteza que entonces se forma es hierro puro? ¿Tiene tanta dureza como él?

Comenzamos á sospechar que el *agua* es tal vez una reunión de sustancias, y que en ella existen materias que son muy amigas del Hierro.

LOS COMPONENTES DEL AGUA

Experimento 99.—Preparemos el aparato de la Fig. 171, que consiste en un tubo de ensayo que contiene una pequeña cantidad de agua unido por medio de un tubo de vidrio ó de goma á otro tubo de ensayo A, en cuyo fondo hemos puesto una pequeña cantidad de limaduras de hierro. Otro tubo sale del tubo de ensayo y entra en una vasija dispuesta exactamente como la del experimento 43. Antes de hacer entrar el gas en la botella, sin embargo, debemos hacer funcionar el aparato hasta que todo el aire haya sido desalojado por el vapor, y las limaduras de hierro se hallen lo más caliente que sea posible. (Donde se disponga de un tubo de hierro,

este experimento tendrá mejor resultado colocando en su interior las limaduras de hierro, haciendo entrar el vapor por un extremo y recogiéndolo por el otro, calentando entre tanto intensamente el tubo en una fragua.)

Cuando hayamos recogido la cantidad de gas suficiente para llenar la botella, retirémosla del agua é introduzcamos en su interior un fósforo encendido. ¿No es maravilloso que hayamos descubierto que un gas combustible forma parte

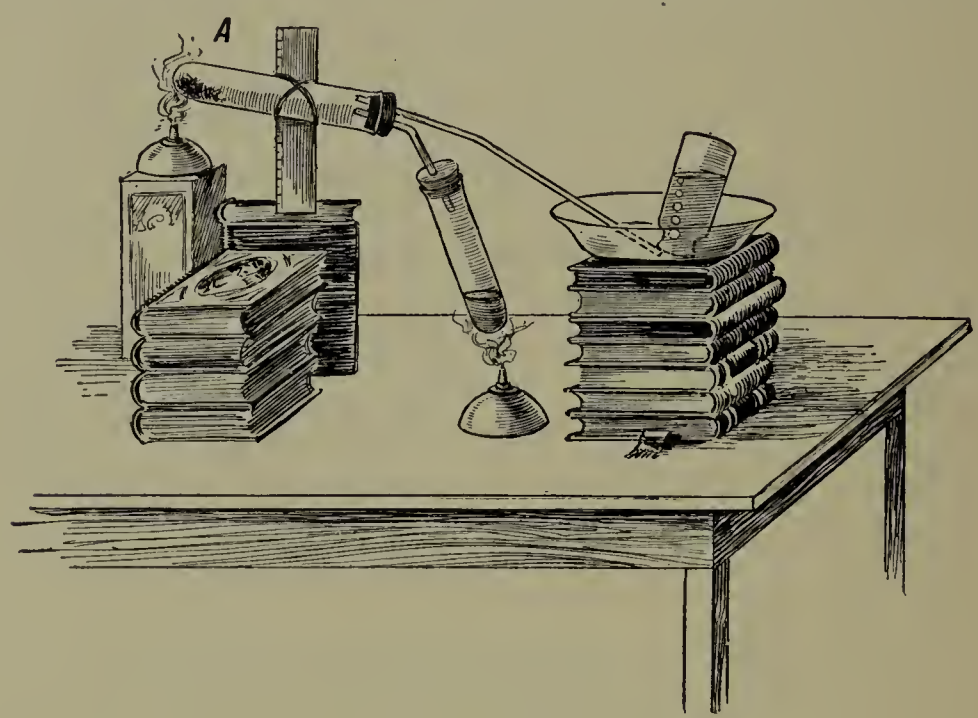


Fig. 171.

del vapor de agua? Este gas es un antiguo conocido nuestro, pues es el gas de los globos. Ya es tiempo de conocer el nombre de este gas: se llama *hidrógeno*.

Examinemos ahora el hierro por cuya superficie ha pasado el vapor de agua. ¿Qué color tiene? ¿Se parece al hierro que ha estado expuesto á la humedad por mucho tiempo?

Si calentásemos ahora á una altísima temperatura las limaduras de hierro, el calor sería suficiente para separar el metal del gas que se halla combinado con él y que antes for-

maba parte del agua. Ya sabemos que el calor es un buen medio de vencer la atracción.

Pero el hierro no es el único metal amigo del gas que buscamos. También lo son el plomo, el cinc, el mercurio, etc. Como no podemos producir una temperatura tan intensa como la que es necesaria para separar el hierro del gas que está combinado con él, elijamos la combinación de otro metal con dicho gas: la del mercurio por ejemplo. Esa combinación es un polvo rojo que á pesar de su apariencia de todo punto diferente del mercurio, está formado por este metal y el gas que formaba parte de la herrumbre; es decir, con el gas que en compañía del hidrógeno constituye el agua. Esta sustancia se descompone fácilmente con el calor de nuestra lámpara, y al hacerlo obtendremos el mercurio que forma parte del polvo rojo.

Experimento 100.—Tomemos una pequeña cantidad de *óxido rojo de mercurio* (es menester manejar esta sustancia con cuidado, pues es venenosa). Será suficiente para nuestro propósito la mitad de lo que puede contener un dedal. Echemos el óxido de mercurio en un tubo de ensayo. Calentemos el polvo en la lámpara de alcohol. Procuremos descubrir si el mercurio metálico se deposita en el interior del tubo, en la parte fría de éste. ¿Por qué ocurre esto?

Ya se comprende que el gas que antes formaba parte del polvo rojo se escapa por el tubo. Este gas se llama *oxígeno*.

CUERPOS SIMPLES Y COMPUESTOS

Los experimentos hechos bastan para comprender que la mayor parte de las sustancias que nos son familiares, están formadas por la combinación de otras, que son, á veces, enteramente diferentes de las materias que forman. Los mismos experimentos nos han enseñado que el calor es un

buen medio para separar sustancias que se hallan combinadas, del mismo modo que separa las partículas de los cuerpos. Y también sabemos que otro medio de separar sustancias que se hallan unidas, es el de ponerlas en presencia de otras que tienen tanta amistad ó atracción por alguna de las que se hallan combinadas, que aquélla abandona á su compañera y pasa á combinarse con la sustancia recién llegada (experimento 95).

Usando, pues, unas veces el calor y otras la combinación con nuevas sustancias, se han ido analizando, descomponiendo, las materias que conocemos, descubriéndose que casi todas están formadas por una combinación de varias sustancias, como hemos visto que sucede con el agua, la herrumbre y el polvo rojo. Poco á poco se han encontrado sustancias, ya sean sólidos, líquidos ó gases, los cuales no revelan que se hallen formadas por la combinación de otras. Tales sustancias se llaman *simples*, siendo posible, sin embargo, que más adelante se descubra que muchas de las sustancias consideradas hoy día como tales se hallan, en realidad formadas por la combinación de otras. Las sustancias que hoy se consideran simples no son muchas, sin embargo, pues apenas llegan á 70. Con estas 70 materias simples se forman, pues, los miles y miles de sustancias que existen, del mismo modo que con las 29 letras del alfabeto pueden formarse los miles y miles de palabras de nuestro idioma.

Hemos visto que unas sustancias se atraen más que otras, y esto es precisamente la causa de que las materias se transformen. ¿Ocurriría eso si todos los cuerpos simples fueran igualmente amigos, ó como se dice más propiamente, si todos ellos tuviesen entre sí la misma afinidad? En ese caso, los cuerpos que forman los compuestos A y B (Fig. 170) ¿se habrían separado para formar los compuestos E y F?

MEZCLA Y COMBINACIÓN

Experimento 101.—Disolvamos sal en una pequeña cantidad de agua que habremos vertido en un tubo de ensayo (más ó menos un dedo de altura). ¿Creen Vds. que la sal continúa siendo sal, ó piensan que se ha combinado con el agua? ¿Qué gusto tiene el líquido?

Hiérvase el líquido y recójase el vapor por medio de un tubo de ensayo frío. Cuando toda el agua se ha evaporado ¿qué queda en el tubo de ensayo? ¿Qué gusto tiene el agua que se ha condensado en el tubo de ensayo frío?

¿Creen Vds. que la sal y el agua son muy amigas?

Hágase el mismo experimento echando en la misma cantidad de agua un poco de cal viva. Luego hiérvase el agua como lo hicimos con el experimento anterior.

¿Creen Vds. que la cal viva se separa de toda el agua vertida primero?

¿Creen Vds. que el polvo continúa siendo cal viva?

Así, pues, vemos que para que dos sustancias se combinen y formen una nueva, no basta que las mezclemos, sino que es menester, ante todo, que aquéllas sean muy amigas entre sí.

En adelante, pues, será preciso distinguir entre una *mezcla* (sal y agua, azúcar y agua, sal y azúcar) y una *combinación* (azufre y hierro calentados, gas de los globos y azufre, etc.).

Así, pues, podemos decir que la mezcla es la reunión de varias sustancias que al juntarse no forman un cuerpo compuesto, sino que cada una conserva las propiedades que tenía antes de mezclarse. La combinación, por el contrario, es la reunión de varias sustancias que al juntarse forman un cuerpo compuesto, perdiendo las propiedades que tenían antes de mezclarse.

Cítense otros casos de mezclas. Cítense otros casos de combinaciones.

LA COMPOSICIÓN DE LOS VEGETALES Y ANIMALES

Antiguamente se creía que cada sustancia era una materia simple y no compuesta, suponiéndose, por ejemplo, que el gas de olor á huevo podrido era un gas simple y no compuesto, y que por lo tanto, no tenía relación alguna con el gas de los globos, ni con el azufre. Pero hoy se sabe, y nosotros lo hemos comprobado, que dicho gas de olor á huevo podrido es una combinación del azufre y del gas de los globos. Del mismo modo se suponía que el agua, la madera, la carne, la grasa, la sal, el azúcar, etc., eran sustancias simples y no compuestas, y habría parecido absurdo sostener que el agua está formada por dos gases, como hemos visto que lo está.

Con esas creencias, es claro que no se podía comprender cómo las plantas forman la sustancia de su madera, de sus hojas, de sus flores y frutos; ni tampoco se podía explicar cómo los animales que se alimentan de sustancias vegetales podían formar incesantemente nuevas cantidades de carne, de grasa, de huesos, mientras crecen ó engordan. Pero hoy todo esto se explica muy bien, pues se sabe que las materias que existen en el suelo están formadas por las mismas sustancias simples que forman la madera, las hojas, las frutas, y que dichas sustancias son á su vez las mismas que por su combinación forman carne, grasa, huesos, cuero, pelos, lana, etc., etc. No nos debe extrañar que la carne sea tan diferente de la yema de huevo, ó que la madera sea tan distinta de la grasa, á pesar de hallarse formadas por las mismas materias; pues hemos visto ya que las sustancias que se combinan, engendran otras tan distintas de aquéllas, que parece imposible que las sustancias que las componen hayan variado tanto de aspecto al combinarse. ¿Quién habría creído que el polvo

rojo que calentamos en el tubo de ensayo, está formado por la combinación de mercurio ó azogue y un gas? Seguramente nadie lo habría imaginado. Pues de la misma manera vamos ahora á convencernos de que en las plantas entran sustancias muy diferentes por su aspecto, de las materias que llamamos vegetales.

Experimento 102.—Disuélvase una cucharada de nitrato de potasio en un litro de agua. Con esta agua reguemos, una vez por semana, una planta cualquiera. Será preferible tener dos plantas iguales, por ejemplo, alpiste, en dos macetas, y regar sólo una de ellas con aquella agua. Es posible que en pocos días observemos una notable diferencia en el crecimiento. ¿Qué indica tal diferencia de crecimiento? ¿No tenemos razón para suponer que las sustancias que forman parte del nitrato de potasio se encuentran ahora en la planta?

Será más fácil ya comprender lo que hace el agricultor ó el jardinero cuando abona las plantas, es decir, cuando mezcla con la tierra ciertas sustancias que á su vez forman parte de las plantas.

Ahora bien, como algunas plantas suelen contener sustancias que no se hallan en otras, es claro que requieren alimentos diferentes; y por lo tanto, un buen agricultor debe averiguar qué abono es necesario dar á ciertas plantas y cuál á otras. Cuando Vds. oigan decir á un agricultor: "en esta tierra se da muy bien el trigo," ya comprenderán que tal tierra contiene en abundancia las sustancias que entran en la composición de la planta de trigo.

Así, pues, cuando una planta crece, quita al suelo las sustancias que necesita y que son en realidad su alimento. ¿No les parece á Vds. que se deben mezclar con el suelo las materias que necesitan las plantas que se siembran?

Pero nuestros agricultores no sólo no abonan las tierras, sino que siembran constantemente, año tras año, la misma planta en el mismo suelo. ¿Qué acabará por suceder?

Como ya sabemos que muchas plantas requieren alimentos diferentes, se comprende que en un suelo donde ya no puede vivir una planta, otra prospere perfectamente. Así sucede que en un campo donde se han sembrado berzas (repollos) constantemente, éstas acaban por crecer raquíticas; pero si se siembra centeno, en ese suelo empobrecido por las berzas, el centeno crece sin inconvenientes, hasta que llega un momento en que tampoco puede vivir. ¿No les parece á Vds. que un agricultor sensato no debe sembrar todos los años la misma planta en el mismo sitio, sino alternarla con otras que requieran diferentes alimentos? Sin embargo, á pesar de ser tan fácil de comprender la conveniencia de alternar las cosechas, muchísimos agricultores de nuestro país persisten en sembrar el maíz, el trigo, la alfalfa, etc., en el mismo lugar donde han sembrado siempre estas plantas.

¡Qué maravilla produce el considerar que el mismo suelo da origen á una variedad tan grande de materias! En el suelo de una granja se forma la harina del trigo, el jugo dulce de las frutas, el azúcar de la caña ó de la remolacha, el zumo irritante de la ortiga, el picante del ajo y del pimiento, el aceite aromático del clavo, del anís; las materias colorantes de la rosa, de la violeta, de la peonia y de tantas otras flores de mil variados colores. ¿Y no causa asimismo admiración el considerar que la materia que forma la fruta, las hierbas, etc., y que el hombre y los animales comen, se transforma luego en la sustancia de nuestros huesos, de nuestra piel, de la carne, de la lana, pelos, etc.?

EL ACERO, EL JABÓN, LOS TINTES, ETC.

Comprendido lo que pasa en el mundo vegetal y animal, no nos sorprenderá, pues, que el hombre haya llegado por medio de ensayos y experimentos, á formar una cantidad de sustancias que se deben á la combinación de diversas materias. Así, se ha descubierto que el hierro se endurece y se hace más elástico cuando se le combina con el carbón. Esta combinación se llama *acero,* y ya sabemos cuán útil es esta materia en la industria moderna. Otro producto creado por el hombre es el *jabón.* Esta materia que nos es tan útil, no era conocida por los antiguos, los cuales, por esto mismo, se veían imposibilitados de mantener su cuerpo en el estado de limpieza que el jabón permite. El jabón es una combinación entre la grasa y ciertas sustancias contenidas en las cenizas de algunas plantas.

Las cenizas de plantas han sido utilizadas en todo tiempo, debido á la abundancia de materias que contienen. Una de ellas es la soda, sustancia valiosa en el lavado de las ropas. Hoy día, sin embargo, la soda no se extrae de las cenizas, pues se ha descubierto que aquella sustancia puede obtenerse de la sal, combinada con otras materias, entre las cuales entra el carbón. Cuando se hizo este descubrimiento se instalaron grandes fábricas de soda, que vendían su producto á los lavaderos y á las boticas, pues el *bicarbonato de soda,* que todos conocemos, es un derivado de la soda de que hablamos.

Pero sucedía que las fábricas de soda eran causa permanente de molestias. Todo el mundo se quejaba de que de ellas se escapaba un gas irritante, que echaba á perder los objetos metálicos y era perjudicial á la salud. En efecto, cuando se fabrica la soda, se forma al mismo tiempo ácido

clorhídrico, que ya conocemos. (El ácido clorhídrico es un gas; pero cuando se le hace pasar por el agua, ésta lo retiene, y el líquido resultante lleva también el nombre de ácido clorhídrico.)

Como decíamos, pues, el ácido clorhídrico se escapaba por las chimeneas, y esto era causa de los inconvenientes referidos. Las municipalidades ordenaron por fin que en vez de dejarlo escapar por las chimeneas, se le mezclase con el agua; pero se prohibió al mismo tiempo, á los fabricantes, tirar el líquido, pues en tal caso la vegetación sufría considerable perjuicio. Los fabricantes no sabían qué hacer con el ácido clorhídrico y lo daban gratis y hasta pagaban para que alguien se lo llevase. En tales circunstancias se descubrió por casualidad que haciendo cierta combinación del ácido mencionado con la cal, se produce una sustancia muy útil para blanquear las telas y quitarles el color amarillento que conservan después de lavadas. Hoy día todos los países del mundo usan dicha sustancia, la que además es un excelente desinfectante. Por cierto que desde entonces el ácido clorhídrico fué un producto valioso.

Estos ejemplos nos muestran cómo el hombre se va enriqueciendo gradualmente con sustancias nuevas, muchas veces descubiertas por casualidad. Á este propósito es oportuno recordar que el gas acetileno, que al quemarse produce una llama tan hermosa, fué recientemente descubierto por acaso, al humedecer una combinación de cal viva y carbón.

Pero el ejemplo más interesante del servicio que pueden prestar inesperadamente sustancias que se consideraban inservibles, lo da indudablemente el carbón de piedra.

Experimento 103.—Tómese una pipa de yeso, llénese su depósito con carbón de piedra, recúbrase la abertura mayor con arcilla, y cuando la pasta esté seca, póngase la pipa en un

fuego vivo. Obsérvese si por el tubo de la pipa se desprende un líquido negruzco y un gas. Enciéndase el gas.

Lo que hemos hecho, es exactamente lo que hacían los fabricantes de gas á principios del siglo pasado. La sustancia negra ó *alquitrán*, que se desprendía del carbón, y que nosotros hemos visto escurrirse de la pipa, era una materia sin valor alguno, á la que no se daba aplicación. Pero cierto día se descubrió que calentando el alquitrán á diferentes temperaturas, y recogiendo los vapores que salen, dichos vapores se condensan luego en forma de líquidos distintos, de donde provienen más de cien diferentes sustancias que hoy nos prestan grandísima utilidad. De allí sale el ácido fénico, que tantos servicios nos presta como desinfectante; con él se fabrica el ácido salicílico, que es un medicamento valioso; y á su vez el ácido salicílico sirve para preparar un perfume que antes se obtenía de una planta llamada gualteria.

Aparte de esto, los líquidos derivados del alquitrán producen una cantidad infinita de tintes cuya descripción completa sería imposible, pues diariamente se descubren nuevos. Son los colores de anilina. Á ellos pertenece el rojo con que hoy se tiñen las telas, y que antes provenía de una planta llamada *rubia*, que se cultivaba en el sur de Europa y se usaba en tales cantidades, que la venta de un año pasaba de 10 millones de pesos. Hoy día apenas se venden flores de rubia por un valor trescientas veces menor, pues todo el tinte rojo empleado en la industria proviene del alquitrán. En cuanto al color azul, antes se obtenía de la hierba pastel, planta que se cultivaba en Europa, y del añil ó índigo, con cuyas hojas se preparaba un tinte azul, de calidad superior al de la hierba pastel. Esta planta ha sido cultivada también en la América Central y México. Actualmente, sin embargo, la mayor parte del azul que se emplea en el tinte

de las telas, no proviene del añil, sino del alquitrán, como los tintes rojos.

Del mismo alquitrán se obtiene además una sustancia que es trescientas veces más dulce que el azúcar, así como infinita cantidad de medicamentos y de perfumes que imitan el olor del clavel, del azahar, de la violeta ó el sabor de la vainilla. El almizcle artificial, obtenido también del alquitran, se vende hoy por cerca de trescientos pesos el kilogramo. ¡Y toda esta riqueza de productos proviene de esa masa negra de olor desagradable, de la que antes no se sabía qué hacer!

X

LA FUERZA QUE USAMOS

RESUMEN

Este libro nos ha enseñado infinidad de medios de vencer la fuerza de atracción de la Tierra, de luchar contra la cohesión y contra la afinidad de las sustancias que son muy amigas y que por su combinación forman cuerpos compuestos.

Antes de concluir este estudio, reflexionemos sobre las fuerzas que hemos usado para vencer todas aquellas clases de atracción. Al tratar de los medios de levantar los objetos pesados, hemos visto que comúnmente se emplean cadenas y cuerdas resistentes, y máquinas de hierro. Ahora bien: ¿qué fuerza es la que mantiene unidas las partículas de dichas cadenas, cuerdas ó máquinas? Por lo tanto, ¿qué fuerza utilizamos en dichos casos para vencer la fuerza de atracción de la Tierra?

¿Qué fuerza se utiliza en los fenómenos de capilaridad, gracias á la cual los líquidos se elevan á considerable altura?

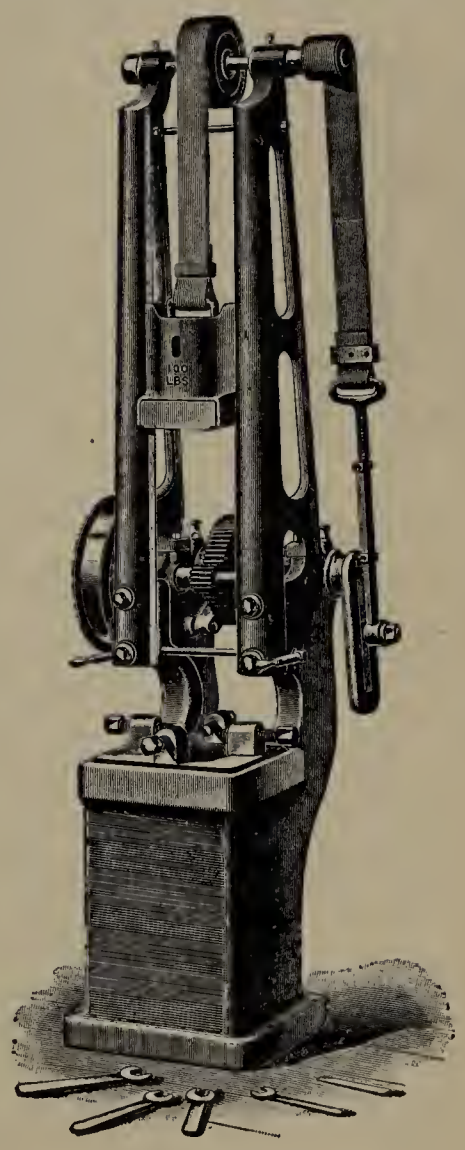


Fig. 172.

Cítense algunos casos en que la cohesión se utiliza para vencer la cohesión.

La Fig. 172 representa una prensa, cuyo funcionamiento es muy sencillo, pues basta levantar el peso á cierta altura, dejándolo luego caer. ¿Qué fuerza se utiliza al hacer ese trabajo?

Examínese ahora la Fig. 173. Una pesa colgante obliga á un armazón á deslizarse, de tal modo, que poniendo sobre él la madera que se desea cortar con la sierra, no es menester emplear un obrero en el trabajo de guiar la madera. ¿Qué fuerza se utiliza al hacer este trabajo?

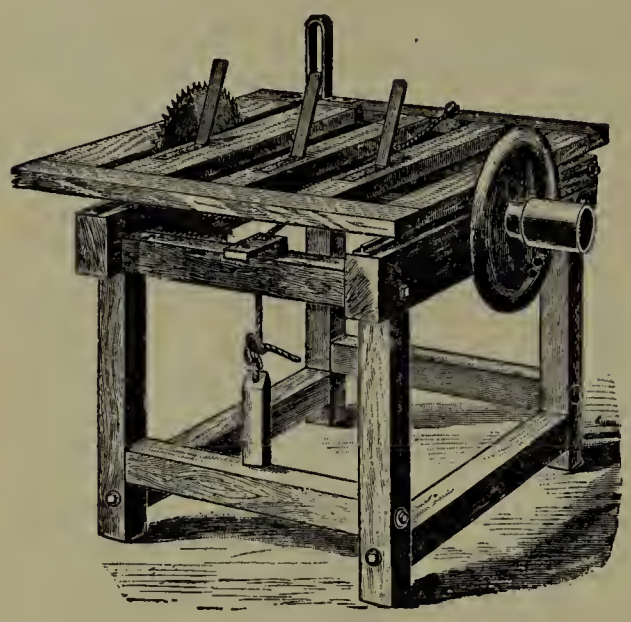


Fig. 173.

Cuando descendemos un río en una embarcación que la corriente arrastra, ¿qué fuerza nos evita el trabajo de remar?

¿Qué fuerza pone en movimiento las aspas del molino de la Fig. 174?

La famosa catarata del Niágara, en los Estados Unidos, se ha puesto al servicio de la industria, aprovechando el enorme peso de las aguas, al caer desde una altura considerable. La Fig. 175 muestra cómo se utiliza la fuerza engendrada por la caída del agua en las cascadas.

Parte del agua se ha desviado antes de llegar á la catarata, por medio de un canal que la conduce á un pozo, el fondo del cual comunica, por medio de un túnel, con el grueso tubo de hierro que se ve unto al edificio A. Este tubo hace caer el agua que por él pasa, sobre ruedas situadas dentro de aquél. La Fig. 176 muestra cómo se mueven tales ruedas, que se llaman *turbinas*.

Fig. 174.—Molino.

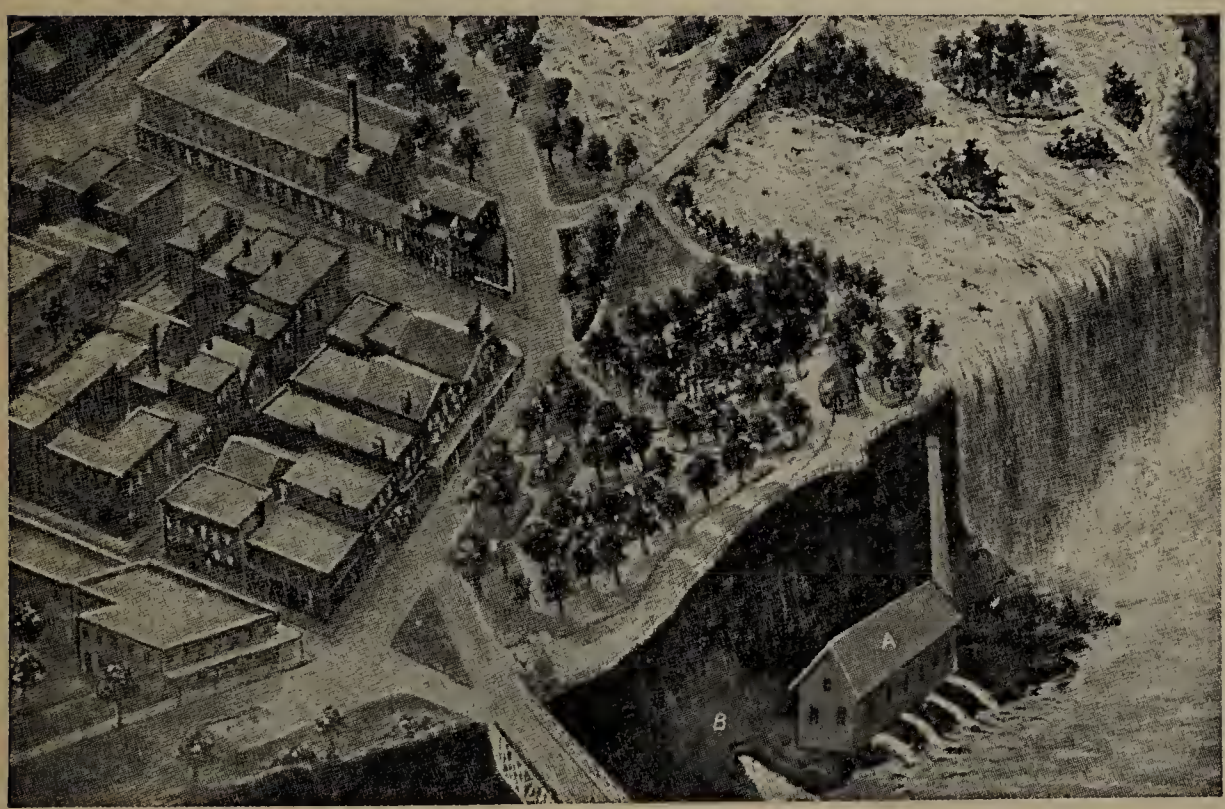
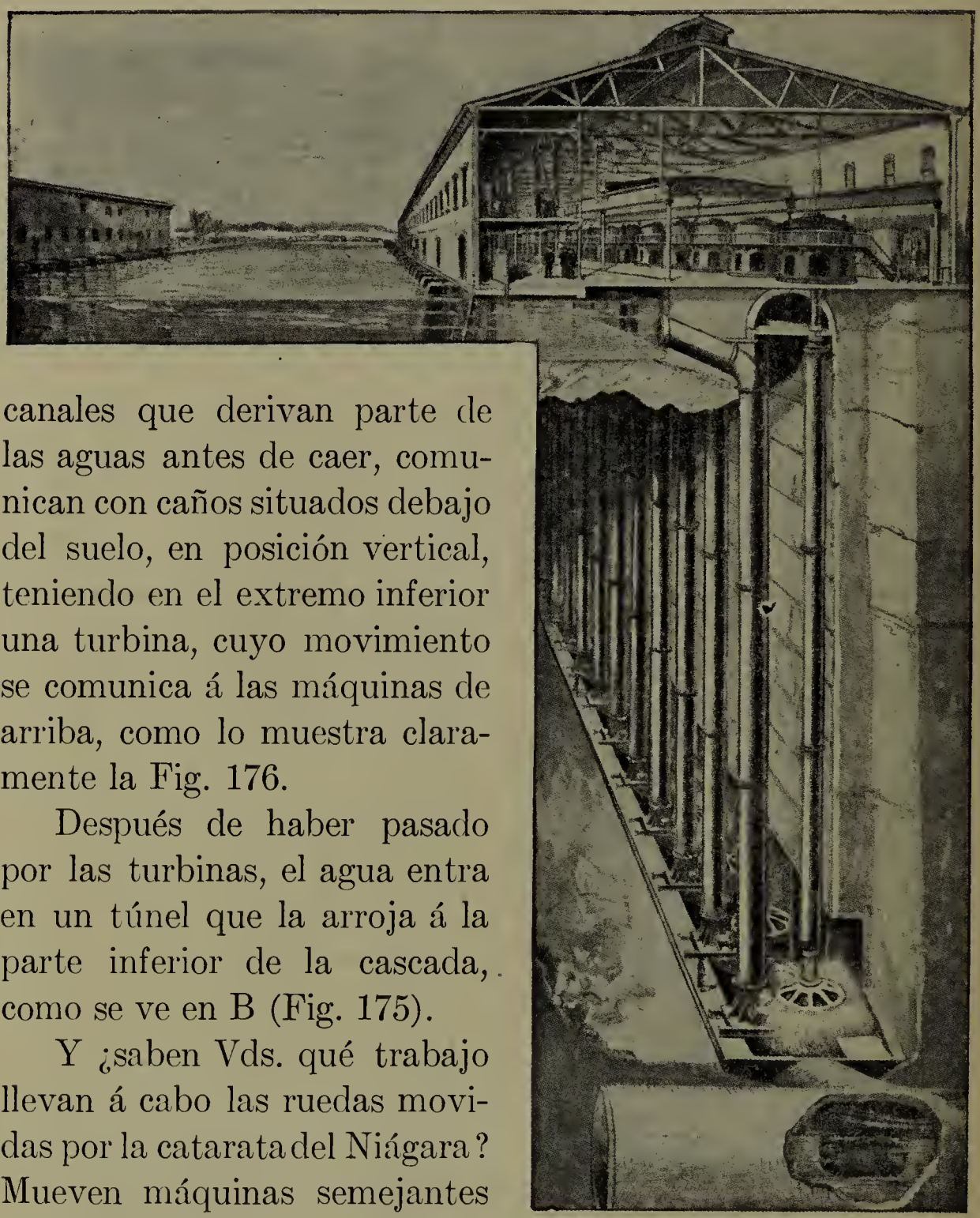


Fig. 175.

Otras veces los edificios donde se hallan las turbinas no se encuentran en la parte inferior de la cascada, sino arriba, como lo muestra también la Fig. 175. En este caso, los



canales que derivan parte de las aguas antes de caer, comunican con caños situados debajo del suelo, en posición vertical, teniendo en el extremo inferior una turbina, cuyo movimiento se comunica á las máquinas de arriba, como lo muestra claramente la Fig. 176.

Después de haber pasado por las turbinas, el agua entra en un túnel que la arroja á la parte inferior de la cascada, como se ve en B (Fig. 175).

Y ¿saben Vds. qué trabajo llevan á cabo las ruedas movidas por la catarata del Niágara? Mueven máquinas semejantes á las que Vds. han visto en las fábricas de luz eléctrica.

Debido á la cortesía de la revista "Cassiers."

FIG. 176.

Cuando estudiemos electricidad, sabremos que hay máquinas donde se produce la electricidad que alumbra las calles y hace andar los tranvías eléctricos. Pues bien: las máqui-

Fig. 177.

nas que la catarata del Niágara pone en movimiento, producen la electricidad con que se alumbra una ciudad situada á algunas leguas de la catarata. Los tranvías que la

recorren, obtienen la electricidad requerida, de la misma catarata.

La electricidad necesaria para producir la luz del parque representado en la Fig. 177 provenía de las máquinas movidas por la catarata.

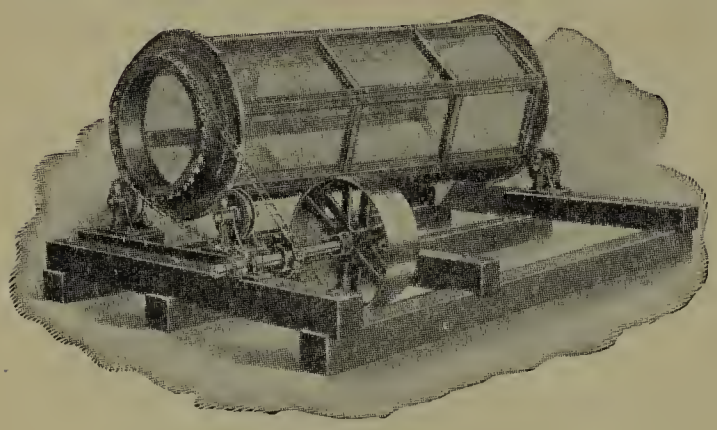


Fig. 178.

¿Recordamos algún aparato que utiliza el peso de la atmósfera?

Dígase qué fuerza se emplea para hacer subir el agua en las bombas. ¿Y cuando se aspira por un tubo? ¿De qué otro modo puede utilizarse el peso del aire?

Pero no son éstos los únicos medios de aprovechar la fuerza de la gravedad. Casi no pasa día sin que demos alguna aplicación á esa fuerza. Cítense algunos ejemplos de tales aplicaciones. Basta también observar los objetos de uso diario, para descubrir que muchos de ellos son máquinas que utilizan la fuerza de la gravedad. Los albañiles usan esta fuerza cuando tamizan la arena por un cernidor de alambre. ¿Puede explicarse por qué? La Fig. 178 representa un cernidor de gran tamaño que se usa para separar la arena fina que se emplea en la mezcla del mortero, así como en la fabricación de objetos de cerámica, etc. Obsérvese la figura, y explíquese cómo funciona la máquina. ¿De qué modo se utiliza la fuerza de la gravedad en esta máquina?

Fig. 179.

Obsérvese ahora la Fig. 179. Es un colador de leche, que

sirve para separar los pelos, pajuelas de forraje, insectos, etc., que pueden haber caído en la vasija.

Finalmente, la Fig. 180 representa una máquina muy útil cuando se desea quitar de las patatas la tierra con que vienen mezcladas, y también separar las patatas de pequeño tamaño, que no tienen valor en el mercado. ¿Podrían Vds. decir qué sucede cuando el cilindro se hace girar y las patatas entran en él, cayendo desde el depósito que se halla en la parte posterior?

Fig. 180.

La Fig. 181 representa una batidora de manteca movida por el peso de un perro, que sube constantemente en un plano inclinado que rueda bajo sus patas como una correa sin fin. ¿Qué fuerza se utiliza en esa máquina?

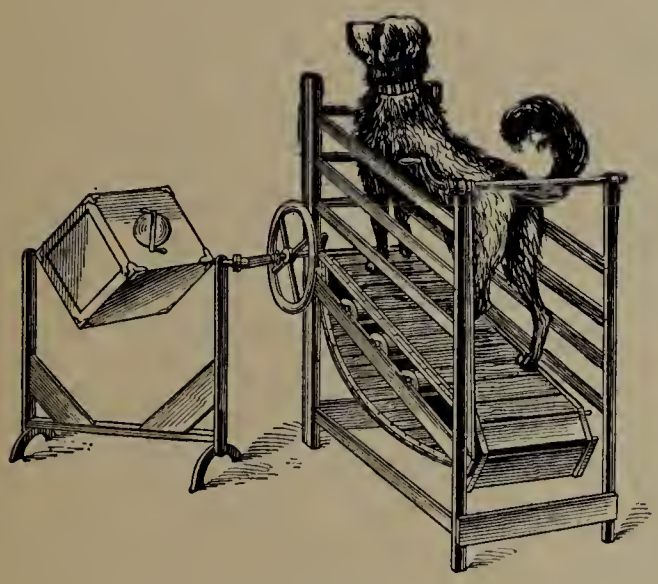


Fig. 181.

Existen máquinas trilladoras, movidas por el peso de varios caballos.

La Fig. 182 representa una maquinita que se puede construir fácilmente, y con ayuda de la cual pueden grabarse bonitos dibujos en vidrio. Para esto, se recubren los vasos, frascos ú otros objetos, con un papel grueso en el que se ha calado un dibujo cualquiera. El depósito superior se llena de arena, que al caer sobre el objeto (que se pone en rotación con una mani-

vela), va quitando poco á poco el pulido del vidrio en las partes no protegidas por el papel, hasta que, finalmente, todo el dibujo queda grabado en un hermoso tono opaco. ¿Cómo se utiliza aquí la fuerza de la gravedad? ¿Qué efecto produce sobre la cohesión entre las partículas de vidrio?

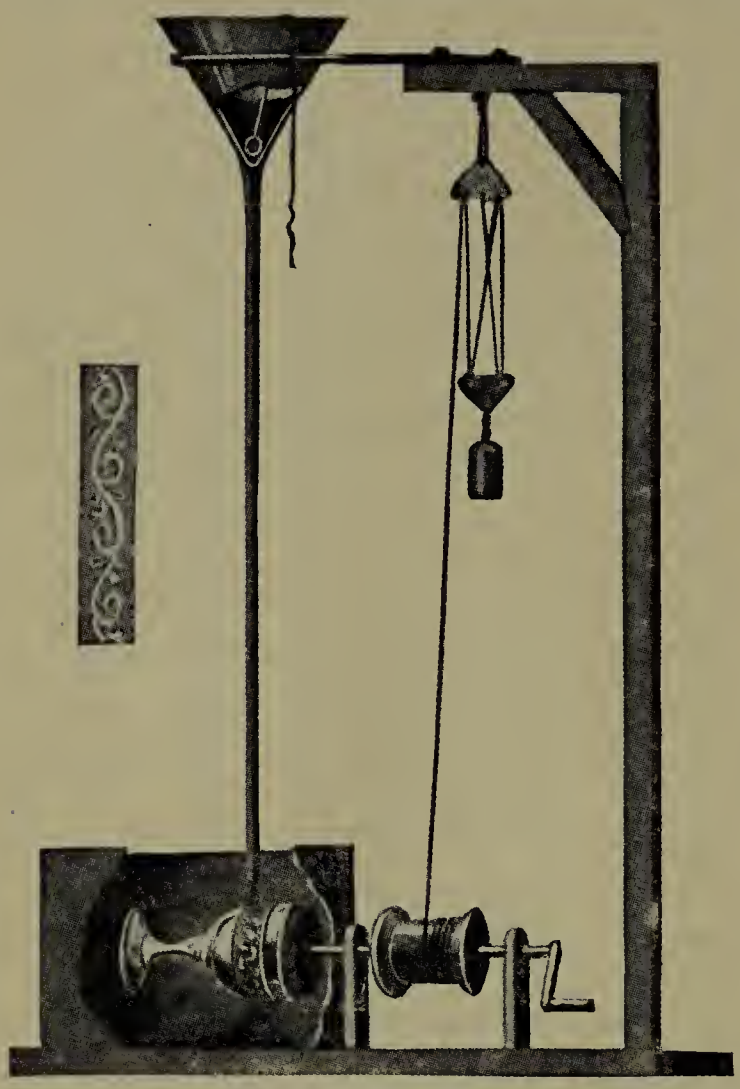


Fig. 182.

LO QUE DEBEMOS Á LA ATRACCIÓN

Ya hemos visto cuán importante es la atracción en el universo. La atracción mantiene á la Tierra dando vueltas alrededor del Sol, y permite que éste caliente y alumbre el mundo, dé vida a las plantas y de ese modo nos proporcionen flores y frutos. Hemos visto que la atracción fija las cosas sobre el suelo y permite que tengamos casas, monumentos, ciudades; atrae el agua y permite que tengamos mares y ríos para navegar, líquido en abundancia para beber y riego para los vegetales; atrae el aire y nos da una atmósfera sin la cual no podríamos respirar.

La atracción entre las partículas de los cuerpos no produce menores maravillas. Hace que el hierro, las piedras, la madera, sean resistentes. Nos da cuerpos líquidos como el agua, el

aceite, el alcohol, ó gaseosos como el aire, tan necesario á la vida.

Finalmente, hemos visto también cómo la atracción mantiene unidas entre sí sustancias diferentes. Esto nos proporciona el inmenso número de sustancias compuestas que después estudiaremos, y que, como ya sabemos, se forman por la combinación de distintas materias.

¿Qué sucedería si no existiera la atracción? Nada podría existir. No habiendo atracción entre el Sol y la Tierra, ésta se alejaría como se aleja la piedra cuando se suelta la honda que la retiene. El Sol se haría cada vez más pequeño á medida que nos alejásemos de él, hasta que desaparecería de la vista. Pero ¡qué digo! No habría Sol ni Tierra, porque no existiendo atracción de ninguna clase, la Tierra no retendría los objetos en la superficie y se escaparían como el barro de una rueda. La materia de que están formados el Sol, la Tierra, la Luna, las estrellas, etc., así como también la materia toda que forma los objetos que vemos, y hasta la de nuestros propios cuerpos, se desharía, se desvanecería á falta de atracción entre sus partículas. Así, pues, sin la atracción no quedaría, de todo este hermoso universo, más que una inmensa cantidad de partículas invisibles.

FIN.

OCT 17 1905

COPY DEL. TO CAT. DIV.
OCT 17 1905

OCT 18 1905